This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

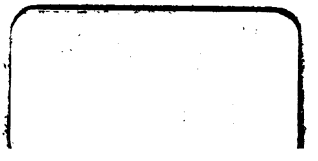
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY



Arbeiten

aus dem

Kieler physiologischen Institut

1868.

Arbeiten

aus dem

Kieler physiologischen Institut

1868.

Arbeiten

aus dem

20408

Kieler physiologischen Institut

1868.

Herausgegeben

von

Dr. V. Hensen,

Professor der Physiologie an der Universität zu Kiel.

Mit 5 Tafeln.

KIEL.

Schwers'sche Buchhandlung.

1869.

BOSTON MEDICAL
FEB 21 1922
LIBRARY
CATALOGUED
FEB 21 1922
M. E. C.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

Um die vorliegenden Abhandlungen der Oeffentlichkeit zu übergeben habe ich eine Form gewählt wie sie bereits vielfach von den Vorständen der physiologischen Institute angewandt wurde, die Form nemlich, solche Arbeiten vereint und separat erscheinen zu lassen. Es würde daher keiner besonderen Bevorwortung dafür bedürfen, wenn nicht seit kurzem für die physiologische Literatur durch die sehr erwünschte Gründung neuer Journale eine breite Bahn geschaffen worden wäre. Zwei Gründe bestimmten mich jedoch, dem bis dahin angewandten Verfahren zu folgen.

Ein grosser Theil der nachfolgenden Arbeiten eignet sich überhaupt in der vorliegenden Form nicht für die Journalliteratur, es sind zum Theil die Arbeiten von Anfängern, auf die ich natürlich einen Einfluss geübt habe und die mit Bemerkungen zu begleiten ich an diesem Orte keinen Anstand nahm, aber ein Gleiches bei einer Veröffentlichung in einem Journal zu thun nicht für richtig halten würde.

Zweitens war es mir erwünscht eine leicht greifbare Kunde von der Thätigkeit im Institut zu geben. Neuerdings ist in dankenswerther Weise Manches für dasselbe geschehen, jedoch weit mehr

Corrigenta.

Seite 14. Zeile 16 v. O. lies: (na) statt: na.
Ebenda „ 18 „ „ „ Zahlenwerth >1 hat statt: Zahlenwerth hat.
Seite 18. „ 6 „ „ „ es werde statt: es wurde.
„ 20. „ 28 „ „ „ Mittelscheibe statt: Muskelscheibe.
„ 43. „ 15 „ „ „ auch so die Frage gestellt statt: auch so gestellt.
Ebenda „ 23 „ „ „ dennoch statt: demnach.
Seite 45. „ 2 „ „ „ lang so, statt: lang, so.
„ 100. „ 7 „ „ „ styloideus statt: styloidleus.
„ 175. „ 7 v. U. habe ich die Vermuthung erweckt, dass der dort von mir wiederlegte Einwurf, betreffend einer Verwechslung von Schleimfäden mit Fibrillen, mir von Kühne gemacht sei, dies ist nicht der Fall, beruht auf einem Irrthum meinerseits.

BOSTON MEDI
FEB 21
LIBRARY

Ueber ein neues

Strukturverhältniss der quergestreiften Muskelfaser

von

Dr. V. Hensen.

Mit dem Muskelgewebe verknüpfen sich so mancherlei bedeutsame Fragen, dass der Verfasser hofft, selbst in so beschränkten Gränzen wie die sind, in welchen sich diese Untersuchung halten soll, Förderndes anregen zu können.

An den embryonalen Muskeln des Froschlarvenschwanzes ward von mir vor einiger Zeit beobachtet, dass die Querstreifen durch eine feine Scheibe feinkörniger Substanz zu Doppeltstreifen gemacht werden; die feinkörnige Substanz schien mit dem Protoplasma, welches die Kerne umgiebt, in Verbindung zu stehen. In Folge von Anregungen, welche namentlich in den Arbeiten du Bois Raymonds zu liegen schienen, ward diese Beobachtung von mir wieder aufgenommen.

Im Allgemeinen scheint der Bau der Muskeln strenger regelmässig zu sein als bisher angenommen zu werden pflegte. Wenn man die Muskeln frisch in Zusatzflüssigkeiten untersucht, wird man allerdings stets einen recht unregelmässigen Wechsel in der Breite und Aufeinanderfolge der Querstreifen finden; wenn man jedoch sorgsam alles vermeidet, was irritirend oder ändernd auf den Muskel wirken könnte, also schonsam einige Fasern von den anderen abzieht, sich begnügt, sie in die sparsame Parenchymflüssigkeit des Muskels zu lagern und nichts auf sie drücken lässt, findet man die grösste Gleichmässigkeit in Form und Aussehen; die Querstreifen gehen parallel und genau quer über den Muskel hin und namentlich stehen sie in gleicher Distanz von einander ab. Die Distanz der Querstreifen in den ruhenden Muskeln ist nicht nur bei demselben Thier, sondern durch die verschiedenen Thierclassen und in verschiedenen Alterszuständen eine annähernd gleiche. Bowman [1]) giebt folgende Maasse: Mensch 2,7 Mikren; Mammalia 2,33; Vögel 2,34; Reptilien 2,21; Fische 2,29; Insecten 2,67; ich fand Meerschwein und dessen Embryonen, Kaninchen, Hund 2,63 bis 2,27; Frosch 2,77—2,36; Neunaugen und Platessa vulg. 2,77—2,4; Bienen und Musca vomitoria 2,70—2,5; Astacus und Mysis 2,18—2,0 wenn unveränderte ruhende Muskeln geprüft wurden. Durch diese An-

1) Cyclopädia of Anatomy and Physiologie, vol. III, S. 507.

gaben soll nicht das wahre Mittel oder die wahren Extreme gefunden werden (um solche aufzustellen bedürfte es einer höchst mühevollen und schwierigen Reihe von Messungen, die noch keinen Zweck haben würden); dagegen sollen sie dazu dienen, um aufs Neue auf die grosse Uebereinstimmung der Abstände der Querstreifen aufmerksam zu machen. Diese schwanken nach jenen Zahlen von $2-2^3/_4$ Mikren, jedoch während Bowman die kleinsten Zahlen für Reptilien angiebt, erhalte ich dieselben für Insecten und Krebse; überhaupt lässt sich aber keine bestimmte Regel erkennen. Die Maasse der Querstreifen stehen sich bei allen diesen Thieren so nahe, dass man in Anbetracht der grossen Dehnbarkeit der Muskeln sie wohl als identische bezeichnen darf, und ich kenne kein Thier im Bereich der Wirbellosen, dessen Muskeln, wenn sie überhaupt Querstreifen zeigten, auffallende Abweichungen in Grobheit oder Feinheit wahrscheinlich machen könnten. Diese Aehnlichkeit der Dimensionen erstreckt sich keineswegs auf andere Theile der Muskeln; so z. B. sind die Kerne im Muskel des Flusskrebsesdreimal oder noch länger wie die des Säugethiers, und die Körner in den Thoraxmuskeln der Insecten ganz abweichend von dem, was Muskeln anderer Thiere zeigen. Es ist demnach das Maass der Entfernung zwischen den Querstreifen von so hervorragender Constanz, dass man mit einigem Rechte daran denken kann, nach Beziehungen zwischen ihm und der Function des Muskels zu suchen. Fehlt auch einer andern Art von Muskeln die Querstreifung ganz, so ist dies doch kein Grund, jenen eigenthümlichen Bau für unwichtig zu halten, weil die Annahme, dass die Contraction der beiden Muskelarten durch einen sehr ähnlichen Mechanismus geschehe, bis jetzt unerweisbar ist [1]).

Zunächst ist es jedoch unsere Aufgabe, die Strukturverhältnisse näher zu besprechen. Die nachfolgenden Beobachtungen sind sämmtlich an contractionsfähigen Muskeln gemacht worden, mit Ausnahme derjenigen an der contrahirten Fibrille des Säugethiermuskels und über die Endigung der Muskelfaser. Zur ruhigeren Beobachtung des Säugethiermuskels, von dem zunächst die Rede sein soll, empfiehlt es sich jedoch, den Muskel in gestrecktem Zustand im Körper starr werden zu lassen und zwar erwies sich als sehr bequemes Object der Ileopsoas, weil derselbe sich besonders leicht und schonsam zerfasern lässt. Jeder Muskel zeigt, wie nicht erst erwähnt zu werden brauchte, dasselbe Verhalten; jedoch wegen seiner Armuth an Bindegewebe und meistens auch an Blut, ziehe ich diesen vor.

Der todtenstarre Muskel von Kaninchen und Meerschweinchen gleicht unter günstigen Umständen dem lebenden **ruhenden** Muskel so sehr im mikroskopischen Aussehen, dass es nicht möglich ist allein mit dem Auge zu entscheiden, ob der Muskel noch lebt oder starr ist. Legt man die lebendige Faser neben die todte, so ist allerdings die erstere noch klarer und namentlich weicher in ihren Streifungen, aber der Unterschied ist ein sehr geringer; ein sicheres Criterium ist nur in der grösseren Zer-

1) Man findet in der Litteratur Angaben über weit grössere Differenzen in der Querstreifung als die von mir angegeben, z. B. giebt Schönn für Tabanus solstitialis 0,0024—0,0049 an. Es handelt sich jedoch darum, wie gross der Durchmesser bei dem ungedehnten ruhendenen Muskel ist und ob in diesem Zustand die verschiedenen Thiere einigermassen gleich dichte Quersteifung zeigen.

reissbarkeit und der sehr geringen Dehnbarkeit der todtenstarren Faser gegeben. Diese Angabe mag auffallend erscheinen, da an andern Muskeln z. B. denen des Frosches und Hundes die Trübung des todten Muskels zuweilen sehr in die Augen fällt. Es bedarf jedoch besonderer Umstände um den Muskel nach dem Absterben recht klar zu erhalten. An den Orten nemlich wo Blut im Muskel zurückgeblieben ist, zeigt er sich stark getrübt, wenigstens wenn 6 bis 12 Stunden nach dem Tode vergangen sind, ebenso wenn er mit der Luft in Berührung war. In den Muskeln der Extremitäten stellen sich viel leichter Trübungen ein als in dem vom Peritonaenum und den Eingeweiden bedeckten Ileopsoas, vielleicht wird dieser besonders gut vor dem Sauerstoff geschützt.

Es gelang nicht durch möglichst günstige Lagerung des getödteten Thieres und durch Tenotomie todtenstarre und klare Muskeln in contrahirtem Zustande, d. h. mit dicht stehenden Querstreifen zu erhalten. Wenn an einzelnen Orten im Muskel der Zustand der Contraction auftrat, war hier gleichzeitig die Faser sehr getrübt; nicht etwa in Folge der Verdickung, sondern durch fein körnige Niederschläge.

Die Untersuchung ward jedoch in dieser Richtung nicht so weit geführt um etwa zu dem Ausspruch zu berechtigen, dass die Todtenstarre an sich ohne Complication mit anderweiten Gerinnungen nie zum Bilde der contrahirten Muskelfaser führe, aber es ist hervorzuheben, dass es nicht gelingen will durch Erschlaffung die Contraction im klar bleibenden Muskel zu erzeugen.

Diese Erfahrung steht in Uebereinstimmung mit den sorgfältigen Untersuchungen des mikroskopischen Verhaltens, welches von E. Krause unter Bidder's Leitung [1]) ausgeführt ward. Die directe Beobachtung schlaff herabhängender Muskeln, während sie todtenstarr wurden, ergab durchaus keine Contractionserscheinung. Nur die Kaumuskeln machen nach E. Krause's leicht zu bestätigender Angabe eine Ausnahme, bei ihnen vereint sich die Todtenstarre mit Contraction. Dem entsprechend, finde ich, dass zwischen sehr viel ruhenden Muskelfasern sich manche in mehr oder weniger ausgedehnt contrahirtem Zustande vorfandenh, die jedoch stets getrübt sind. Auffallender Weise geht die Zersetzung in den Kaumuskeln nach den miskroskopischen Criterien zu schliessen, ungemein rasch vor sich, kaum ist das Thier starr geworden, so findet sich in den Kaumuskeln schon die grösste Neigung, in Fibrillen zu zerfallen und nach wenig Stunden sind einige Fasern schon durch und durch in Sarkous-Elements zerfallen, während der Psoas und andere Muskeln der Beine und des Rumpfes noch völlig intact erscheinen. Dies Verhalten macht das Auftreten der Contraction verständlicher; woher es aber kommt, ist mir unklar geblieben. Doch habe ich die Sache auch nicht genügend weit verfolgt.

In der ruhenden Muskel-Primitivfaser (Primitivbündel) findet sich jeder Querstreif durch eine dunkle Linie in zwei Hälften zertheilt; die Linie findet sich in jeder Höhe und jedem Theil des Querstreifs, wie diese eine Scheibe ist, muss also auch die Linie der Ausdruck einer sehr feinen Scheibe sein, sie wird daher fortan als Mittelscheibe hier benannt werden.

1) De rigore mortis. Diss. inaug. Dorpat, 1853.

Es findet also im Muskel nicht einfach ein Wechsel zwischen einer stark lichtbrechenden Substanz, der Querscheibe, und einer schwach lichtbrechenden, der Zwischensubstanz statt, sondern auf die erste Hälfte der Querscheibe folgt eine schwach brechende Substanz, die Mittelscheibe, dann die zweite Hälfte der Querscheibe und endlich die Zwischensubstanz, wie die Fig. 1 und 2 es darstellen.

An der unverletzten ruhenden Primitivfaser des Meerschweinchens und Kaninchens sieht man bei guter 500facher Vergrösserung die Scheibe in den Querscheiben sehr schön, so dass schon dies Bild zur überzeugenden Demonstration für Andere z. B. für meinen Collegen Prof. Kupffer, führen konnte, eine schwache Schrägstellung des Spiegels macht das Bild noch brillanter. Die Mittelscheibe erscheint in der Regel dunkel und auf den Zeichnungen ist sie stets so gehalten, bei dünnen stark gedehnten Fasern und Fibrillen ist sie jedoch heller wie die Substanz der Querscheiben.

Diese Verschiedenheit hängt lediglich, wie man sich durch leichte Verschiebungen des Muskelstückes oder des Spiegels überzeugen kann, von dem jedesmaligen Gang der Lichtstrahlen ab. Die Substanz der Querscheibe ist nicht nur stärker lichtbrechend, wie die Zwischensubstanz, sondern auch wie die Mittelscheibe, denn sie zeigt an beiden Gränzen den schwarzen, relativ dicken, sich in ihrer Substanz allmählig verlierenden Contour, der, die stärkere Brechung des Lichtes in ihr verräth.

Die schrägen Lichtstrahlen gehen daher ohne Hinderniss aus der Mittelscheibe in die Querscheibe, aber wegen der totalen Reflexion an der Gränze der ersteren nicht umgekehrt in diese zurück; ist also die schwach lichtbrechende Substanz nur schmal und hat das Muskelstück eine gewisse Dicke, so empfängt unser Auge aus der Zwischensubstanz nur noch die wenigen streng perpendikulär verlaufenden Strahlen, die keinen erheblichen Effekt mehr ausüben können und es erscheint die Scheibe daher dunkel. Die geringste Verbiegung oder Schrägstellung der Scheiben schneidet das Licht ganz ab und in diesem Falle wird auch die gewöhnlich helle Zwischensubstanz zu einem dunklen Streifen. Aus diesem Grunde sind nur Bilder gezeichnet, in welchen die Mittelscheibe dunkel erscheint, denn der Untersucher wird sich durch den Wechsel im Aussehen weniger gestört finden, wie der Leser. In der That wäre es wohl überhaupt richtiger, die verschiedenen Substanzen nicht durch die Benennung „hell“ und „dunkel“ charakterisiren zu wollen. Kehren wir nun zur Mittelscheibe zurück. Man sieht dieselbe bei nicht zu dicken Fasern bei jeder Einstellung, nur wenn zuviel Muskelsubstanz zwischen dem Focus und der Linse sich befindet, also bei sehr tiefer Einstellung wird sie undeutlich, bei zu hoher Einstellung verschwindet sie rasch und später tritt an ihre Stelle der zu einer Linie vereinte Randschatten der Querscheibe.

Zum genaueren Studium bedarf es starker Vergrösserungen und einer Zerlegung des Muskels in seine Säulen und Fibrillen. Fig 2 zeigt die Theile einer Muskelfaser des Meerschweinchens in möglichstem Detail. Die Zwischensubstanz b. war in eine Querreihe von Körnern und in eine diese umspülende homogene Substanz zerfallen, ein solches Verhalten sieht man jedoch nicht constant und daher ist es fraglich, ob es der Norm entspricht. Die Substanz der Querscheibe selbst ist homogen, jedoch ist sie durch

Längslinien, welche die Cohnheim'schen Felder abgränzen, durchfurcht. Diese Linien sind nicht dargestellt worden. Die Mittelscheibe ist feinkörnig, ein Verhalten welches sich jedoch mehr noch durch den mikroskopischen Habitus, durch die nicht gleichmässige, sondern rauhe Begränzung zu erkennen giebt, als durch die directe Zerlegung in Körnchen. Beim Frosch sieht man dagegen die Körnchen der Mittelscheibe deutlich. Dies Verhalten erspart wohl den Nachweis zu führen, dass keine optische Täuschung bei der Beobachtung zu Grunde liege, da durch eine solche doch unmöglich Körnchen entstehen können. Das Bild ist ohnehin ein so scharfes, dass erwartet werden kann, ob von anderer Seite Einwürfe derart gemacht werden. Wie sich die Scheibe an der Peripherie des Muskels verhält, war nicht sicher zu ermitteln, sie ragt aber keinenfalls über die Substanz der Querscheibe hervor. Mit Sicherheit meine ich dagegen gesehen zu haben, dass sie in polarisirtem Licht bei gekreuztem Nikol im Gegensatz zur Substanz die Querscheibe dunkel bleibt.

Versuche, die Scheibe zu isoliren, glückten nicht. Wenn man die Muskeln zerreisst, entstehen allerdings, namentlich bei lebenden Muskeln, Discs, aber diese geben ein für die Untersuchung zu ungünstiges Object ab, so dass sich nicht entscheiden lässt, ob dabei etwa zuweilen die Mittelscheibe frei gelegt werde. Die Einwirkung zerlegender Reagentien stört sogleich die Reinheit des Bildes, wird der Muskel nicht verflüssigt, erhält sich auch die Mittelscheibe. Durch Färbungen die Mittelscheibe hervorzuheben, gelang ebenfalls nicht.

Contrahirte Muskeln erhält man bekanntlich, wenn die frischen Fasern auf dem Objectträger einige Zeit gelegen haben, wo sie, sei es durch Verdunstung, sei es durch die Luft, gereizt werden. Diese Contractionen sind jedoch partiell und unregelmässig, sie genügen zwar, um das Dasein der Mittelscheibe auch an contrahirten Fasern zu constatiren, jedoch da man die Fasern nicht, wie durchaus nöthig, zerzupfen oder benezt halten kann, ohne starke Trübung zu erzeugen, genügen solche Präparate für ein eingehendes Studium nicht. Man kann jedoch mit solchen Reagentien, welche den Muskel im contrahirten Zustand erstarren lassen, ohne seine Klarheit wesentlich zu stören, sich behelfen. Als solches leistet die $^1/_{10}$ % Ueberosmiumsäure genügende Dienste. Die Fasern pflegen sich dabei um etwa das Doppelte zu verkürzen, so dass auf 10 Querscheiben des ruhenden Muskels jetzt etwa 20 kommen, jedoch sind in grösseren Muskelstücken gewöhlich nur die äusseren Fasern in so contrahirtem Zustand. In der Regel zeigten die Querstreifungen keine Unregelmässigkeiten, alle Theile waren proportionirt in ihrer Längsaxe verkürzt. An der Muskelperipherie liess sich ein auffallendes Hervorragen, sei es der Querscheibe, sei es der Zwischensubstanz, nicht wahrnehmen, jedoch ist in dieser Hinsicht hervorzuheben, dass die Begränzung des Muskels nach aussen, wegen seiner cylindrischen Gestalt kein genügend scharfes Bild giebt, um kleinere Verschiedenheiten erkennbar werden zu lassen.

Die Streifung erscheint so dicht, dass ich anfangs glaubte, es zerlege sich die Querscheibe bei der Contraction in ihre zwei Theile und die Mittelscheibe nehme das Aussehen von Zwischensubstanz an, jedoch dies ist nicht der Fall. Es erfordert aber die Orientirung starke Vergrösserungen

($^1/_{25}$" Focus) und ausserdem sind nur die dünnsten Muskeln, besser aber Fibrillen zur Untersuchung tauglich. Eine leichte Schrägstellung des Spiegels ist nützlich, jedoch darf der Randschatten der Querscheibe, welcher sich dem Lichte entgegen vorschiebt, nicht die Mittelscheibe erreichen, wodurch sie völlig verdeckt werden würde, sondern muss neben ihr noch einen schmalen hellen Saum lassen. (Fig. 3 A. b.).

Die Zwischensubstanz erscheint in der Regel lichtarm und ziemlich dunkel, die Mittelscheibe dagegen nicht mehr so schwarz wie früher. Die grössere Helligkeit derselben erklärt sich wohl dadurch, dass sie jetzt bei der ausserordentlichen Feinheit, welche sie durch die Verbreiterung des Muskels erlangt haben muss, durch das Licht von der Querscheibe überstrahlt wird, in Folge der Aberration der Linse. (Fig. 3 A.). Feine Fibrillen zeigen sehr deutlich die einzelnen Theile des Muskels. (Fig. 3 B.) Der Glanz der Querstreifen tritt zwar nicht so stark mehr hervor, aber das ganze Bild ist ein sehr zierliches! [1])

Im Ganzen sind alle Theile näher an einander gerückt und feiner geworden, aber im Uebrigen scheinen sie nicht verändert zu sein. Es ist freilich sehr schwer zu sagen, ob Alles gleichmässig dünner geworden ist, weil die Theile gar zu schmal sind, ich glaube jedoch zu sehen, dass dem so sei, auch ist es an sich das Wahrscheinlichere. Bei Vögeln, Fröschen und einigen Fischen fand sich die feinere Structur der Muskeln so ganz den obigen Schilderungen entsprechend, dass es genügt, diesen Sachverhalt einfach zu constatiren.

Bei den Untersuchungen blieb der Uebelstand, dass die Contractionserscheinungen an frischen Fasern nicht mit genügender Ruhe und an Fibrillen gar nicht zu prüfen waren. Um diese Lücke zu füllen, wurden Muskeln von Krebsen und Insecten untersucht. Es lag mir ausserdem daran, die von Leydig [2]) geschilderten rhomboidalen Anordnungen der Sarcous elements zu beobachten. Er zeichnet sie von Forficula, ich konnte jedoch an im Frühjahr gefangenen Exemplaren nur die gewöhnliche Querstreifung finden. Wenn ich nicht irre, hat derselbe Autor auch von Mysis jene Anordnung beschrieben, doch finde ich nicht die bezügliche Stelle, jedenfalls beobachtete ich selbst früher an diesem Thier solche Muskeln. Diesmal war ich auch dort unglücklich, ich fand nur Muskeln von gewöhnlichem Aussehen. Schönn [3]) will jetzt ganz die Richtigkeit der Angaben von Leydig bestreiten, er schiebt sie auf Unvollkommenheit der früheren Linsen, jedoch sind hier gewiss noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Man sieht an den durchsichtigen Beinen von Mysis sehr schön und in

---

1) Die gewönhliche Darstellung der Fibrillen giebt das Bild an einander gereihter Kugeln. Ich erinnere ein solches nur von sehr weit zersetzten Muskeln. Wenn die Fibrillen sehr viel feiner sind wie die Dicke einer Querscheibe, so dass die Streifen als Stäbchen erscheinen, beginnt allerdings das Bild sich zu verwischen, jedoch die meisten Zeichnungen geben weit dickere Fibrillen. Bowman hat schon ausdrücklich die variköse und die gradlinige Form beschrieben und gezeichnet, er sagt (l. i. S. 508) sehr richtig, wenn die Fibrille „most distinct and defenite" gesehen werde, zeige sie die gradlinige Beschaffenheit.

2) Histologie S. 45.

3) Jenaische Zeitschrift für Medicin, Bd. II. S. 26. Anatomische Untersuchungen im Bereiche des Muskel- und Nervengewebes.

gewissem Sinne sehr langsam die Contractionen verlaufen, in einer Sekunde rücken sie zuweilen weniger wie $^1/_{10}$ mm. fort. Jedoch selbst bei so trägem Vorrücken ist die eigentliche Contraction doch scheinbar momentan. Man bemerkt nemlich an einer leisen Verschiebung der Querscheiben das Herannahen der Contractionswelle, man spannt die Aufmerksamkeit und sieht nun Scheibe nach Scheibe schmal werden und in Folge der Verschiebung durch den Focus der Linse scheinbar aufleuchten: aber dabei ist doch die einzelne Scheibe, auf deren Verfolgung es ankommt, nicht genügend deutlich zu beobachten. Ehe der Contractionszustand sie befällt, zeigf die Scheibe allerdings eine langsamere Verschiebung (nach der schon contrahirten Stelle hin) und Verschmälerung, aber es scheint, dass diese als passive Bewegungen gedeutet werden müssen, denn wenn die vorhergehenden Querscheiben ihren Durchmesser in der Querdimension des Muskels bedeutend vermehrt haben, müssen die nächstgelegenen Scheiben ihnen mit einer entsprechenden Formänderung bis zu einem gewissen Grade folgen, wenn nicht Zerreissungen eintreten sollen. Auch das Aufhören des activen Contractionszustandes scheint momentan einzutreten, hinterher folgt dann eine weitere, aber langsame mit dem Auge verfolgbare Vermehrung des Durchmessers in der Längs - Verminderung in der Queraxe, die wiederum aus dem soeben genannten Grunde für passiv zu halten ist.

Leider bin ich nicht im Besitz einer vibrirenden Linse nach Lissajou, der vielleicht detaillirtere Aufschlüsse über den morphologischen Vorgang der Contraction zu entlocken wären.

In Fig. 4 findet sich das Stadium einer partiellen Contraction in einer Muskelfaser von Mysis abgebildet: für die Richtigkeit der Anzahl von Querscheiben, welche zugleich in Contraction sich befinden, kann jedoch keine Garantie geleistet werden, weil die Stadien zu rasch verschwinden.

Bei a. zeigt die Faser ein sonderbares Verhalten, dessen Analogon bei Säugethier- und Froschmuskeln nicht, wohl aber bei Insectenmuskeln aufzufinden ist. Dies Verhalten möge als Stadium der Dehnung von dem der Ruhe Fig. 4 b. und dem der Contraction c. besonders unterschieden werden. Ehe auf die nähere Erörterung jenes Dehnungsstadiums eingegangen werden kann, ist es nöthig, das Aussehen der einzelnen Fibrille zu besprechen. Diese verhält sich bei Mysis ähnlich wie bei den von mir untersuchten Insecten, der Fliege, der Biene und dem Ohrwurm.

Die Thoraxmuskeln namentlich meiner Bienen, von denen Fig 5 entnommen ist, hatten den Vorzug, dass sich die Contraction der isolirten Fibrillen direct beobachten liess. Diese Thiere, die sehr fleissig flogen, aber nach einem Monat (April) alle zu Grunde gingen, hatten sehr viele Körner im Muskel. Die Fasern zerfielen äusserst leicht in Fibrillen, von denen dann einzelne längere Zeit von Contractionswellen durchlaufen wurden. Hin und wieder zeigten Fibrillen unregelmässige Contractionen, wie sie uns von Brücke [1]) so schön geschildert sind, die grosse Mehrzahl war jedoch sehr regelmässig gestreift, weshalb wir uns wohl an diese allein halten dürfen.

An ein und derselben Fibrille liessen sich nun die drei Stadien, welche

1) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polarisirten Lichts Denkschriften der kaiserlichen Akademie. Bd. XV. Wien.

durch die Fig. 5. A., B. und C. versinnlicht werden sollen, beobachten. Das Stadium A., welches die Fibrille ein wenig zu schmal darstellt, entspricht dem gedehnten Theil der Muskelfaser von Mysis (Fig. 4.), die Zone a. einer Querscheibe mit Zwischensubstanz. Verfolgen wir eine solche Theilung des Muskels von oben nach unten, so zeigt sich zuerst eine lichte, fast wasserklare Scheibe mit dunkler Begränzung, das ist die eine Hälfte der Querscheibe, alsdann folgt eine dunkle relativ dicke Linie c., die ich für das Analogon der Mittelscheibe halte, nun kommt die zweite Hälfte des Querstreifs b.' und darauf ein etwas dunklerer Theil d. und d'., die Zwischensubstanz, welche ihrerseits durch eine sehr zarte Linie e. in zwei Hälften getheilt ist. Das ganze Bild ist ein sehr zartes und daher fällt in der Zeichnung der Unterschied zwischen dem Hell der Querscheiben und dem Dunkel der Zwischensubstanz übertrieben aus. Die zarte Linie in der Zwischensubstanz halte ich für neu, die dunkle Linie, Mittelscheibe, zwischen den hellen Querscheiben findet man in Kölliker's Lehrbuch der Histologie Fig. 103. g. deutlich gezeichnet.

Der Unterschied im Habitus der Streifung gegen den der Wirbelthierfibrillen ist sehr auffallend, so dass die Deutung nicht ohne Schwierigkeiten ist. Jedoch die gesammte Muskelfaser der Insecten und Krebse zeigt sich bekanntlich dem Wirbelthiermuskel in Bezug auf die Querstreifung durchaus ähnlich. Wenn die Fibrillen in grössere Muskeltheile übergehen, kann man so bestimmt verfolgen, dass jene hellen als Querscheiben gedeuteten Theile wirklich zur Querscheibe des ganzen Muskels werden, dass in dieser Beziehung ein Zweifel nicht bleiebn kann; so deutet denn auch Kölliker diese Theile als Querstreif. Es ward übrigens nicht verabsäumt, Brücke's schöne Entdeckung der polarisirenden Eigenschaft der Querscheibe zu verwerthen, aber es missglückte auch mir an isolirten Fibrillen ein Aufleuchten bei gekreuztem Nikol zu beobachten, wie schön auch die Querscheiben grösserer, vor auf fallendem Licht geschützter Fibrillenmassen leuchteten.

Die Mittelscheibe tritt bei den Insecten besonders stark hervor. Hier ist sie, nach dem optischen Verhalten zu schliessen, entschieden ein anderer Stoff wie die Zwischensubstanz, namentlich hat sie an der äusseren Peripherie gegen die umspülende Flüssigkeit schwärzere Contouren, wie letztere und ist daher stärker lichtbrechend. Allerdings gelang es hier nicht durch Reagentien, von denen freilich nur die gewöhnlichen angewandt wurden, scharfe Unterschiede zu entdecken, zur Constatirung kann jedoch das optische Verhalten genügen. Nach der Analogie zu schliessen, würde auch die Mittelscheibe der Wirbelthiere aus einem anderen Stoff wie die Zwischensubstanz bestehen müssen.

Die Stadien der Ruhe und der Contraction der Fibrillen ergeben eine gleichmässige Verschmälerung aller Theile, die Zwischensubstanz sehe ich dabei in der Regel dunkel. Bemerkenswerth scheint, dass die Zwischensubstanz im Stadium der Dehnung concav eingezogen, bei der Contraction dagegen ein wenig vorgewölbt ist. Diese Unterschiede sind jedoch keineswegs hervorstechend und oft nicht deutlich.

Das Stadium der Dehnung an der ganzen Muskelfaser, wie es von Mysis-Muskeln abgebildet ist, bietet namentlich dadurch ein so fremdartiges Ansehen, dass die Querstreifen nicht mehr die dunkeln Contouren zeigen,

welche sie sonst so sehr charakterisiren. Da dies Verhalten an der gedehnten Fibrille sich nicht zeigt, kann der an sich unwahrscheinliche Gedanke, dass wirklich eine Veränderung des Brechungsexponenten eingetreten sei, verworfen werden. Es scheint mir, dass die sonst planparallelen Querscheiben bei dieser starken Dehnung biconvex werden und zugleich an der freien Oberfläche sich etwas einbuchten. In Folge dieses Verhaltens nimmt die Menge des total reflectirten Lichtes ab und da zugleich die concave Oberfläche das austretende Licht zerstreut, erhält die Querscheibe das gleichförmig helle, weniger dunkel begränzte Ansehen.

Die Ansicht, welche ich über den Bau der contractilen Substanz des animalischen Muskels gewonnen habe, lässt sich wie folgt zusammenfassen.

Der Muskel besteht abgesehen, von Sarcolema, Kernen und Protoplasma, aus weichen Substanzen, welche sich nicht ohne bleibende Zerstörung des Zusammenhangs von einander trennen lassen, daher ist die Substanz des Muskels als eine feste zu bezeichnen. Er setzt sich zusammen aus wahrscheinlich vier verschiedenen Theilen, von denen drei, die anisotrope Substanz der Querscheibe, die Mittelscheibe und die Zwischensubstanz in der Längsaxe der Muskelfaser sich schichtenweise ordnen, jedoch in dieser Richtung sehr fest an einander haften. Die Anordnung dieser Schichtung ist morphologisch einer Volta'schen Säule vergleichbar, die Zwischensubstanz entspricht der Filzplatte, die Querscheibe besteht aus zwei Theilen, welche den beiden Metallplatten entsprechen, jedoch sind diese beiden Theile einander gleich gebaut, und nicht aus verschiedenem Stoff, wie in der Voltaschen Säule. Zwischen die beiden Theile der Querscheibe ist noch eine feine Schicht, die Mittelscheibe, eingeschoben, deren Analogon sich in der Voltaschen Säule nicht findet. Die so gebildete Säule ist entsprechend den Cohnheim'schen Feldern in kleinere von Kölliker[1]) beschriebene Säulchen abgetheilt, welche meines Erachtens der ganzen Länge nach den Muskel durchsetzen. Die Masse, welche diese Säulchen von einander trennt, scheint eine besondere vierte Substanz zu sein. Sie ist der Zwischensubstanz sehr ähnlich, durchsetzt dieselbe jedoch ohne mit ihr zu confluiren. Ob sie eine continuirliche Scheide der Säulchen bildet, ist nicht ersichtlich, es scheint, dass sie stellenweise in verdickten Streifen auftritt. Die Säulchen lassen sich sehr leicht parallel ihrer Längsaxe in Fibrillen spalten, ihre Spaltbarkeit ist so gross, dass eine Grenze dafür nicht nachzuweisen ist, da die feinsten Fibrillen ausserhalb des Bereichs unseres Wahrnehmungsvermögens liegen. Am geringsten ist der Zusammenhang der Muskelsubstanz nach der Quere, stärker in der Längsrichtung, schräge Zerspaltungen sind fast gar nicht zu erzielen, sondern statt dessen treten terrassenförmige Bruchflächen auf. Bei Maceration des Muskels findet eine weitergehende Spaltung statt, die Querscheiben zerfallen in kleine Stückchen die Sarcous elements Bowman, Disdiaklastengruppe Brücke, während die Zwischensubstanz sich löst. Diese Stückchen enthalten die Mittelscheibe, später lösen sie sich in noch kleinere Körnchen auf. Der Muskel besitzt demnach eine weitgehende Spaltbarkeit, es finden sich jedoch im lebenden

1) Ueber die Cohnheim'schen Felder der Muskelquerschnitte, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XVI. 1866.

Muskel keine wirklichen Spaltungen vor, daher haben wir keinen Grund, den Muskel als eine Zusammensetzung, sei es von Säulen oder Fibrillen, sei es von Querscheiben oder Sarcous elements aufzufassen.

Einige Theile dieser Beschreibung bedürfen einer näheren Besprechung.

Gegen die Festigkeit der Muskelsubstanz sind erhebliche Bedenken geltend gemacht worden. Namentlich hat Kühne[1]) wiederholt Beobachtungen mitgetheilt und besprochen, welche die flüssige Beschaffenheit der Muskelsubstanz wahrscheinlich zu machen schienen. Henle hat jedoch in seinem Jahresbericht[2]) in eingehender und wie mir scheint, überzeugender Weise die fest weiche Beschaffenheit der Muskelsubstanz gegen Kühne vertheidigt, so dass ich dieser Ausführung nichts hinzuzusetzen wüsste. Jedoch die Angelegenheit ward dadurch nicht erledigt, sondern es hat von den Mikroskopikern, namentlich Cohnheim[3]) zu erweisen gesucht, dass der Muskel im wesentlichen aus flüssiger Substanz bestehe. Es ist besonders ein Punkt, der von Wichtigkeit zu sein scheint und von Henle und Kölliker kaum beantwortet ist. Cohnheim sagt: Ich will hier nicht noch einmal die Frage aufwerfen, die schon so oft und mit so viel Recht den Anhängern der Fibrillentheorie entgegengehalten ist, wem es nämlich bis heute gelungen, aus einer lebenden Muskelfaser eine Fibrille darzustellen. Ich ward dadurch veranlasst, die geforderte Präparation zu machen und es zeigt sich, dass sie so wenig Schwierigkeiten hat, wie nur zu wünschen ist. Wenn man aus dem frischen zuckungsfähigen Froschmuskel sich einige Fasern isolirt und dieselben lediglich in ihrem Serum unter dem Mikroskop bei 50 × Vergr. spaltet so entstehen dabei mehr oder weniger zahlreiche und feine (bis unter 0,002 mm.) Fibrillen, welche sehr dehnbar sind und ausgestreckt liegen bleiben. Der zerrissene Muskel bleibt klar und lässt keine Fibrillen aus sich herausfallen. Die dargestellten Fibrillen zeigen deutlich die Querscheiben, Contractionen dagegen werden an ihnen nicht beobachtet, jedoch sie sind noch nicht todtenstarr, denn die geringste Spur eines Zusatzes, sei es Serum oder Speichel oder eine Salzlösung, lässt sie sogleich zu einem unkenntlichen Knäuel zusammenschnurren, ein Verhalten, welches sie entschieden von todtenstarren Fibrillen unterscheidet. Diesen Versuch bin ich zu demonstriren bereit; ich habe ihn u. A. an Dr. C. Hasse gezeigt und er hat ihn selbst ausführen und mir bestätigen können. Kölliker[4]) sagt, es „lassen sich Fibrillen aus frischen Muskeln gewisser Geschöpfe ohne weiteres isoliren, wie namentlich bei den Petromyzonten.“ Näheres wird jedoch nicht angegeben und da es wesentlich darauf ankommt, nachzuweisen, dass die Fibrillen selbst noch „frisch“ sind, musste mein Versuch erwähnt werden.

Die Mittelscheibe wird wahrscheinlich schon öfter gesehen worden sein, manche Abbildungen lassen sie schon erkennen, so z. B. Fig. 80 B in

---

1) U. a. Untersuchungen über Bewegungen und Veränderungen der contractilen Substanzen. Archiv für Anatomie, 1859. Eine lebende Nematode in einer lebenden Muskelfaser. Archiv f. patholog. Anatomie. Bd. XXVI.

2) 1859, S. 48. 1862, S. 21.

3) Ueber den feineren Bau der quergestreiften Muskelfaser, Archiv für patholog. Anatomie. Bd. XXXIV. 1865. S. 606.

4) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, S. 380.

Köllikers Mikroskopischer Anatomie, Wagner, Muskelfaser der Evertebraten Fig. 18). Schönn erwähnt l. c. einen schwarzen Punkt in den Sarcous elements, der wohl auf sie zu beziehen ist. Eingehendere Beschreibungen habe ich jedoch nicht gefunden und jedenfalls ist diese Bildung in der Wissenschaft noch nicht recipirt.

Wenn verschiedene Substanzen in der quergestreiften Masse angenommen werden, steht dies mit den von Kölliker in der neuesten Auflage seiner Histologie vertretenen Ansichten scheinbar im Widerspruch. Kölliker nimmt an, dass die Querstreifung durch die verschiedene Dichtigkeit des Gewebes und die verschiedene Ordnung der Disdiaklasten bedingt sei. Diese Ansicht ist an sich ebenso schwer zu widerlegen wie aufrecht zu erhalten, jedoch wenn, sei es durch ein Plus oder Minus von Wasser, sei es durch differente Lagerung der Moleküle, Verschiedenheiten zu Stande kommen, scheint schon dies ein genügendes Motiv, von verschiedenen Substanzen zu sprechen, da namentlich bei höher organisirten organischen Molekülen durch derartige Aenderungen beträchliche Verschiedenheiten im chemischen und physikalischen Verhalten entstehen können.

In der allgemeinen Auffassung der Querstreifung, insofern als Grund desselben das Vorhandensein stark lichtbrechender Querscheiben angenommen wird, scheint G. Wagner[1]) wesentlich anders zustehen als ich. Er sagt:

Die Querstreifen sind von den Beobachtern als auf mehrfache Art entstanden angesehen worden. Einige sahen in ihnen Falten denen ähnlich, welche auf organischen Muskelfasern, die in Salpetersäure macerirt wurden, entstehen; andere meinen, es seien die Querstreifen keine Falten, sondern Anschwellungen der Fibrillenmasse, welche mit dünneren Stellen regelmässig wechseln. Keine der beiden Parteien besitzt Einsicht in die Entstehung der Querstreifen, da von keiner Seite bis jetzt Beobachtungen darüber haben gemacht werden können.

Untersucht man die Thoraxmuskeln eines Insekts, so erscheinen die Querstreifen in der That als einseitige, leistenartig darauf sitzende Verdickungen. Untersucht man die Muskelfasern eines Krebsmuskels oder irgend eines höheren Thiers, dessen Fibrillen nicht zu fein sind, so erscheinen die Querstreifen als Anschwellungen des ganzen Umfangs der Faser. Es glückt aber weder in den einseitig aufsitzenden noch in den peripherischen Anschwellungen einen hohlen Raum nachzuweisen, der den Ausdruck Falte rechtfertigte. Nichts desto weniger kann man das Vorhandensein eines solchen nicht leugnen.

Ich kann mich weder davon überzeugen, dass eine Leiste auf den Fibrillen aufsitzt, noch dass die Querstreifen Anschwellungen bilden. Die Fibrillen oder richtiger Säulchen der Bienen sind im optischen Querschnitt, sobald nicht mehrere aneinander liegen, rund, zuweilen ein wenig abgeplattet, niemals habe ich auf sich windenden Fasern auch nur eine Andeutung von Leisten bemerkt. Was andererseits die Anschwellung betrifft, so sehe zwar auch ich etwas davon; bei gedehnter und selbst noch bei ruhender Fibrille ist die Zwischensubstanz ein klein wenig eingezogen, bei contrahirter ein wenig ausgebuchtet, aber es läst sich dies nur bei grosser Aufmerksamkeit

1) Archiv für Anatomie, 1863. Ueber den Muskelfaser der Evertebraten. S. 230.

erkennen und ich kann kaum glauben, dass man darauf solches Gewicht legen darf. Was Wagner gesehen hat, bezweifle ich jedoch nicht, es bleibt hier eben eine Schwierigkeit bestehen. Es scheinen jedoch Anschwellungen oder Querleisten mit dem Bilde des Gesammtmuskels, der doch irgend eine Spur von entsprechender Lückenbildung zeigen müsste, nicht wohl vereinbar. Ein Unterschied im Brechungsindex der Fibrillentheile zu Gunsten des Querstreifs, den ja auch Brücke unbedenklich angenommen hat und auf den das optische Verhalten so entschieden hinweist, scheint die Querstreifung genügend zu erklären. Da ich die Gründe nicht sehe, weshalb Wagner diesen Umstand nicht berücksichtigt hat, muss ich an dieser Erklärung, die unten näher ausgeführt werden wird, festhalten.

Neuerdings hat man wieder in ein oder anderer Weise die Querstreifung als Spiralwindung deuten wollen. Wenn solche Windungen vorkämen, müssten sie sich an der Richtung der Querstreifen namentlich dann verrathen, wenn eine sehr dünne Muskelfaser neben eine sehr dicke gelegt wird und in beiden die Dichtigkeit der Streifung die gleiche ist. Dann würde nämlich im Vergleich zur dicken Faser die Streifung der dünnen einen schrägen Verlauf nehmen müssen. Der Versuch ergibt davon nichts.

Meine Beobachtung über den Contractionsvorgang steht in einigen Hinsichten im Widerspruch mit einer Beobachtung von Krause. Dieselbe, deren zugehörige Figur hier copirt worden ist (Fig. 7), lautet wie folgt: [1])

Wenn man feinste Stückchen von bluthaltigen Muskeln ohne Zusatz mit starken Vergrösserungen betrachtet, während die Erregbarkeit des Muskels dem Erlöschen nahe ist, so gelingt es, sehr langsam eintretende Contractionen einzelner Fasern zu beobachten. Bei Säugethieren sind die betreffenden Erscheinungen überhaupt schon von Remak genauer studirt worden. Solche sind ganz anderer Art als die raschen Zuckungen, welche man durch Inductionsschläge hervorruft. Vielmehr sieht man eine bauchige Erweiterung langsam die Muskelfaser entlang laufen, und sobald sie an dem einen Ende angekommen ist, beginnt am entgegengesetzten Ende eine neue, ohne nachweisbare Veranlassung, welche denselben Verlauf nimmt und wie die erste verschwindet.

Diejenigen Scheiben der anisotropen Substanz, welche gerade in den erregten Zustand übergehen, beugen sich convex nach der Stelle hin, die bereits contrahirt ist (Fig. 7 c). An letzterer ist die Querstreifung dichter geworden; es sind nämlich die Durchmesser der hellen wie der dunkeln Substanz in der Querrichtung der Mittelfaser gleichmässig vermehrt, in der Längsrichtung entsprechend vermindert, der Sarcolemmaschlauch ist in der Profilansicht völlig glatt.

An der Partie, die sich eben zu contrahiren beginnt, wird durch das nach jener Seite Convexwerden der Scheiben von anisotroper Substanz eine Einziehung des Sarcolems an den Stellen bedingt, welche der letzteren Substanz entsprechen. Die isotrope, hellere Substanz baucht sich hervor, der Rand des Sarcolemmaschlauchs sieht auf dem Porfil wie gekerbt aus. Sobald die Contraction völlig eingetreten ist, verschwindet dieses Ansehen.

---

1) Ueber die Endigung der Muskelnerven, Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. XVIII. S. 156.

Es muss also die anisotrope Substanz von fester Beschaffenheit sein und der Rand jeder Scheibe derselben an der Innenwand des Sarcolemmas adhäriren. Denn die Ringelung des letzteren ist nicht durch Annahme von Reibung zu erklären, oder durch Widerstände, die ausserhalb desselben gelegen sind, worauf bekanntlich Bowman und Brücke die windschiefen Biegungen der Scheiben unter anderen Umständen zurükgeführt haben. Auch sind die Krümmungen dafür zu bedeutend, zu regelmässig und constant bei jeder Contraction successive in derselben Weise wiederkehrend. Die beschriebene Einkerbung des Sarcolems an den Stellen, wo die anisotrope Substanz anliegt, ist weder mit einer entgegengesetzten Einziehung an den Rändern der isotropen zu verwechseln, die Brücke an todtenstarren Käfermuskeln beobachtete, noch mit der Abhebung des Sarcolems durch eingedrungenes Wasser, welche Bowman abbildet. Hierzu die Erklärung von Fig. 7.

Es finden sich mehrere Punkte, in denen ich nicht mit Krauses Auffassung einverstanden bin. Das starke Convexwerden der Scheiben mag wohl dadurch sich erklären, dass die Muskelenden abgeschnitten wären, da es sich bei diesen Contractionen ohne äussere Wirkung in den Muskelfasern von Mysis, welche an beiden Enden fixirt waren, nicht findet. Den ganzen Vorgang, welcher von Krause als Beginn der Contraction aufgefasst wird, muss man meines Erachtens als passive Bewegung vor der Contraction auffassen, sowohl weil er relativ langsam ist und weil überhaupt eine passive Bewegung da sein muss, als auch weil die active Contraction ein Schmalerwerden der Scheiben in der Längsrichtung bedingt; nach der Zeichnung zu urtheilen ist das Gegentheil, eine Verbreiterung, beobachtet worden.

Eine auffallende Divergenz besteht ferner darin, dass Krause als anisotrope und activ sich contrahirende Substanz das bezeichnet, was meiner, wie ich denke, mit Brückes Beschreibung in Uebereinstimmung stehenden Erfahrung nach, isotrope Zwischensubstanz ist. Den breiteren stark lichtbrechenden Streif in Krause's Figur halte ich für die Querscheibe. Die Einziehung, welche Krause beschreibt, würde demnach durch Dehnung der Zwischensubstanz bewirkt werden. Dass das Sarcolem, auf welches Krause so grosse Rücksicht nimmt, das aber in der Figur nicht weiter zu erkennen ist, den Formungen der Muskelsubstanz folgen muss, scheint selbstverständlich, ein bestimmter Schluss auf Adhäsionen der Zwischensubstanz an dasselbe kann daraus nicht wohl gemacht werden. Das Sarcolem liegt eben der frischen Muskelfaser bleibend überall an der Peripherie an und weil keine Verdichtung der Muskelsubstanz eintritt, sondern die Dicke sich umgekehrt wie die Länge des Rohrs ändert, werden keine Verschiebungen oder Spannungen des Schlauchs auf der Muskeloberfläche bei den natürlichen Formänderungen nöthig.

Es hat Interesse und vielleicht auch einigen Nutzen den Versuch zu machen, die morphologische Structur des Muskels mit dessen physiologischen Leistungen zu verknüpfen.

Man kann häufig die Ansicht hören, es habe sich gezeigt, dass weder durch die elektrophysiologischen Eigenschaften des Muskels noch auch unter der Annahme, dass seine Substanz fest sei, die Erscheinung der Zusammenziehung sich ableiten lasse. Es scheint mir dies keineswegs richtig und ich versuche daher die Möglichkeit des Zustandekommens der Contraction,

durch eine Kraft, welche ähnlichen Gesetzen, wie die sind, welchen die Anziehung der freien Elektricität oder der Magnete gehorcht, nachzuweisen.

Verlegen wir in jede Querscheibe bei Beginn der Reizung eine Kraft, welche die benachbarten Scheiben anziehe und welche umgekehrt wie eine Potenz der Entfernung zwischen ihnen wachse, so wird durch diese Kraft die Substanz zwischen den Querscheiben so weit zusammengepresst werden, bis die rückwirkende Kraft dieser Zwischensubstanz der anziehenden Kraft in den Querscheiben das Gleichgewicht hält. In dieser Gleichgewichtslage sei also die Anziehung der Querscheiben $\frac{M}{a^p} = A$, die abstossende Kraft der Zwischensubstanz, deren Form unten näher besprochen werden soll, $\frac{R}{a^{p+m}} = A$; wo A das Gewicht bezeichnen möge, welches jede jener Kräfte grade tragen kann, a die Entfernung der Querscheiben von einander in der Gleichgewichtslage, p eine positive Zahl, m ein ächter Bruch, M und R constante Grössen sein mögen, von welcher die Anziehung und Abstossung bedingt wird; da nun $M = A a^p$ und $R = A a^{p+m}$, ergiebt sich

$$\frac{M}{n a^p} = \frac{A}{n^p} \qquad \frac{R}{n a^{p+m}} = \frac{A}{n^{p+m}}$$

$$\frac{A}{n^p} > \frac{A}{n^{p+m}}$$

wenn n einen positiven Zahlenwerth hat.

Die Differenz der beiden letzten Grössen ist nun das Gewicht, welches der Muskel bei der Breite na seiner Zwischensubstanz tragen kann, ohne es zu heben oder auch sinken zu lassen, also eine statische Kraft des Muskels. Dies Gewicht erreicht ein absolutes Maximum bald, wenn der Exponent m gross genommen wird; nimmt man dagegen m klein, so wird das Maximum des Gewichtes, welches der Muskel zu tragen vermag, kleiner, tritt aber erst bei einer grösseren Länge des Muskels ein. Ein Zahlenbeispiel kann dies am einfachsten zeigen.

Es sei A = 54 Kilo für den Quadratcentimeter, eine Grösse, die wohl noch der sog. rückwirkenden Festigkeit der Zwischensubstanz entsprechend sein könnte, und a = 0,2 Mikren, n verschieden gross entsprechend den berechneten Zahlen, der Exponent p = 2 und $p + m = {}^{17}/_{8}$, dann ist

na	$\frac{M}{a^2}$	$\frac{R}{a^{17/8}}$	tragbares Gewicht. $\frac{M}{a^2} - \frac{R}{a^{17/8}}$	
0,2	54	54	0,0	Kilo
0,22	44,628	44,10	0,528	„
0,25	34,56	33,610	0,95	„
0,3	24,00	22,8135	1,1865	„
0,35	17,632	16,442	1,190	„
0,4	13,50	12,38	1,12	„
0,5	8,649	7,705	0,944	„
0,6	6,0	5,230	0,77	„
0,8	3,372	2,838	0,534	„

Unter diesen Bedingungen würde also der contrahirte Muskel, wenn seine stärkste Verkürzung gleich 1 gesetzt wird, bei einer Länge von 1,8 das Maximum von 1,19 Kilo tragen, Dies würde nicht mit dem wahren Verhalten übereinstimmen, da der Muskel in Wahrheit im Maximo seiner Tragkraft stärker verlängert ist, jedoch ist auch die Annahme, welche wir für die rückwirkende Kraft gemacht haben, noch nicht richtig. Diese Kraft wird nämlich bei einer gewissen Dehnung der Zwischensubstanz ganz aufhören müssen und bei weiterer Verlängerung des Muskels wird die Zwischensubstanz sogar eine elastische Kraft im Sinne der Verkürzung des Muskels und der Anziehung der Querscheiben entwickeln müssen. Es wird also etwa bei einer gewissen Länge von a der Exponent m zu wachsen beginnen und später negativ werden.

Würde z. B. bei na = 0,35 Mik. die rückwirkende Kraft rasch sinken, bei a = 0,5 0 sein, so würde bei dieser Länge der Muskel 8,649 Kilo tragen können und bei 0,6 Mik. jedenfalls noch etwas mehr wie 6 Kilo, weil dies nach unserer Annahme schon durch die anziehende Kraft der Querscheibe $\frac{M}{0{,}6^2}$ allein getragen werden könnte, jetzt aber noch die Elastizität der Querscheibe mithelfen würde, das Gewicht zu tragen. Da die Zwischensubstanz so schmal ist, 0,6 Mik. in der Ruhe, dürfte die Umkehr der Resistenzkraft dieser Substanz schon innerhalb der physiologischen Länge des Muskels eintreten.

Wir wissen nun aber, dass die rückwirkende Kraft sich nicht umgekehrt, wie die Potenz der Entfernung, sondern eher umgekehrt wie die Entfernung selbst, verhält. Hier kommt aber in Betracht, dass während der Contraction sich die Breite des Muskels beträchtlich ändert. Es wird nicht nur die Scheibe der Zwischensubstanz in der Breitenaxe des Muskels vergrössert, sondern, da diese Substanz fest mit der Querscheibe verbunden ist, muss auch diese ihr folgen und also gleichfalls in der Queraxe des Muskels sich ausdehnen. Die anziehenden Kräfte der Querscheibe haben also nicht nur die rückwirkende Kraft der zusammengepressten Zwischensubstanz zu überwinden resp. ihr das Gleichgewicht zu halten, sondern sie müssen auch die Kraft hergeben, welche nöthig ist, um die Querscheibe zu verbreitern resp. um deren elastischen Kräften, welche sie auf einen mittleren Durchmesser zu bringen sucht, das Gleichgewicht zu halten. Letztere Kraft vereint mit der rückwirkenden Kraft der Zwischensubstanz dürfte daher etwa durch $\frac{R}{a^{p+m}}$ ausgedrückt werden können. Denken wir uns die activen Elemente der Querscheibe als lineare Stäbchen, so wird auch noch die Fläche, welche jedes Stäbchen zu comprimiren hat, bei der Contraction stetig vergrössert, was gleichbedeutend ist mit einer noch rascheren Zunahme der Resistenzkraft der Zwischensubstanz.

Ein einfaches Beispiel wird am leichtesten den Mechanismus der Contraction, wie ich ihn für denkbar halte, verständlich machen.

Auf beide Flächen einer Scheibe von vulkanisirtem Kautschouk sei eine Anzahl stabförmiger Elektromagnete aufgeklebt. Auf der einen Fläche kleben die Stäbe mit ihrem Nordpol fest, die Stäbe auf der anderen Fläche

seien auch mit ihren Enden angeklebt, aber es sei dafür gesorgt, dass nach Belieben 1) ein Nordpol an dem festen Ende auftrete oder 2) durch Aenderung der Stromesrichtung dies Ende südpolar werde. Bei der Combination 1) würde eine Abstossung der Magnete stattfinden, die dünne Kautschouk-Membran würde sich verdicken, dagegen ihren Flächeninhalt verringern. Bei der Combination 2) würde eine Anziehung der Magnete eintreten, die Kautschoukscheibe würde in Folge dessen dünner und ihr Flächeninhalt vermehrt werden. Je nach der Grössenänderung der Fläche werden auch die Magnete, welche in ihrer Gesammtheit 2 Querscheiben repräsentiren sollen, dichter an einander sich pressen oder weiter von einander sich entfernen, ob nun Luft oder eine feste elastische [1]) Substanz zwischen ihnen liegt. Auch wird jeder einzelne Magnet bei steigender Compression der Scheibe seinen Druck auf einen grösseren Umkreis vertheilen müssen, da der Flächenraum der Scheibe zunimmt.

Ich sehe nicht ein, was ausser technischen Schwierigkeiten hindern sollte aus derartigen Systemen eine dem Muskel ähnlich arbeitende und vielleicht nicht uninteressante Bewegungsmaschine aufzubauen. Auch die Elasticität würde, wie schon Ludwig [2]) andeutet, sich in einer, den im Muskel sich zeigenden Veränderungen, gleichen Weise verhalten müssen.

Dass eine weitergehende Aehnlichkeit für ein solches Schema nicht beansprucht werden kann, ist selbstverständlich. Die Umwandlung der abstossenden in anziehende Kräfte, wie sie in dem Schema ausgeführt ist, scheint allerdings, nachdem von mir die Mittelscheibe nachgewiesen worden ist, nicht so undenkbar, und die vortrefflichen Untersuchungen von Bernstein [3]) über den Verlauf der negativen Schwankung deuten ja fast auf eine Drehung der Moleküle hin. Wenn bei der Reizung des Muskels je eine Fläche der Querscheibe positiv wird, ist es nicht nöthig, dass dies sich durch eine Aenderung in der Richtung der abgeleiteten Ströme zu erkennen gebe, die einzelne Muskelfaser ist bis jetzt in gereiztem Zustande nicht untersucht worden und im ganzen Muskel kann in der einen Faser das untere, in der anderen das obere Ende positiv werden, ohne dass etwas anderes als eine negative Schwankung des Gesammtstroms resultiren würde.

Weiter gehe ich nicht auf die Contraction ein, da ich nichts Neues zu bringen habe. Das Wesentliche der obigen Auseinandersetzungen liegt, wie leicht ersichtlich, in der Hervorhebung der verschiedenen Wirksamkeiten der Zwischensubstanz, welche bisher meistens mehr als Bindemasse denn als wirkliche Scheibe aufgefasst ward. Wharton Jones [4]) hat an dieselbe bei seiner Theorie der Muskelzusammenziehung gedacht, doch beschäftigt er sich in der sehr kurzen Notiz vorzüglich mit der Erklärung der anziehenden Kraft. Du Bois hat sich bis jetzt kaum über diese Frage ausgesprochen,

---

1) In diesem Falle würden die Magnetstäbe, wenn sie sehr fein sind, sich biegen müssen, die Convexität nach der Längeaxe des Schemas und unsere schematische Querscheibe würde folglich dünner werden.

2) Physiologie. S. 478.

3) Ueber den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung des Muskelstroms. Berliner Monatsberichte. 1867. S. 444.

4) Annales de Chemie et Physique. 1844. 3. Serie. T. X. S. 111.

er deutet an [1]), dass in der electrochemischen Bewegung der Flüssigkeiten vielleicht das Räthsel der Contraction sich löse: die Folge wird dann auch lehren, dass Ermann, durch den Vergleich der Muskelbewegung mit den in Rede stehenden Erscheinungen an Flüssigkeiten, von allen denen, die sich mit Betrachtungsweisen der Art befasst haben, leicht der glücklichste Wurf gelungen sein könnte. Herrmann's [2]) interessanter Versuch, die Muskelcontraction auf chemischer Basis zu erklären, liegt in einer ganz anderen Richtung und beruht auf der Voraussetzung, dass der Muskel wesentlich flüssig sei, daher kann es nicht fördern, denselben hier mit hineinzuziehen.

Es schien von Interesse zu untersuchen, wie die Lehre von den electromotorischen Muskelmolekeln sich gestalte, wenn man sie ohne sonstige Abänderung mit dem morphologischen Bau des Muskels in Beziehung setze. Es lag um so näher dies zu versuchen, als z. B. die Erfahrungen du Bois über den gerunzelten Sehnenspiegel des Gastrocnemius [3]) auf eine gröbere Vertheilung der Molekeln hinzudeuten schienen. Du Bois [4]) will selbst die elektromotorischen Molekeln nicht als abstrakte Wesen aufgefasst wissen, sondern als stets auf bestimmte Weise orientirte Heerde chemischer Thätigkeit. Doch zeigt er dabei, dass der Faser parallele Reihen darauf senkrechter elektromotorischer Flächen alles ist, was man physikalisch mathematisch genommen zur Erklärung der elektromotorischen Erscheinungen braucht.

Nachdem ich nun, um den in Rede stehenden Versuch auszuführen, weitere Zergliederungen des Muskels gemacht hatte, zeigte es sich, dass sowohl hinsichtlich der Lehre von der parelektronomischen Schicht sich Vortheil von dieser Betrachtungsweise erwarten lasse, als auch in Hinsicht auf die postulirte Untheilbarkeit der elektromotorischen Molekelgruppe eine Vereinfachung zu gewinnen ist. Dies ist der Grund, weshalb ich über den Gegenstand spreche.

Die Art, wie ich mir die Anordnung denke, ergiebt sich aus der Fig. 9, ein schräg abgeschnittenes Muskelstück von zwei Querscheiben darstellend, zur Genüge. Dass statt der Molekelreihe je eines genügt hätte, ist klar, da im Wesentlichen die ganze Querscheibe einer dipolaren Gruppe du Bois entspricht, jedoch für die Anschauung hat diese Reihe Bequemlichkeiten. Denken wir uns alle unnöthigen Molekeln fort und lassen nur die einzig wirksamen an der Oberfläche der Querscheibe bestehen, in ihrer Lage durch eine anziehende Fläche in der Mittelscheibe gehalten, so würde eine Forderung, welche sich aus der Theorie der Neigungsströme ergeben hat [5]) erfüllt werden. Dass nemlich die peripolaren Gruppen als gestreckte Atomcomplexe zu denken sind und der Abstand zweier dipolaren Molekeln die zwei in der

---

1) Untersuchungen über thierische Electricität. 1849. Bd. II. S. 7.

2) Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Berlin, 1867.

3) Neue Versuche über den Einfluss gewaltsamer Formveränderungen. Monatsbericht. Berlin, 1867. S. 581 u. f.

4) Ueber die eletromotorische Kraft, Reichert und du Bois Reymond Archiv. 1867. S. 490.

5) Du Bois. Ueber das Gesetz des Muskelstroms. Archiv 1863. S. 595.

Längsreihe benachbarten peripolaren Gruppen angehören, zurücktrete gegen den Abstand zweier eine Gruppe bildender Molekeln.

Die Mittelscheibe denke ich mir als aus einem peripolaren Molekel bestehend und die übrigen Molekeln richtend. Ich gestehe, dass ich glaube es stehe diese Scheibe mit den Nerven in engerem Zusammenhang und es wurde durch Erregung der Nerven oder durch einen Inductionsschlag vorübergehend der elektrische Gegensatz in ihr beseitigt oder es entstehe dadurch eine dipolares Molekel. Dies würde eine Umdrehung der Molekeln auf der einen Hälfte der Querscheibe zur Folge haben. Wenn die Zwischensubstanz, worüber nichts fest steht, ein schlechter Leiter wäre, würde durch die Anziehung der positiven und negativen Flächen eine schwache Massenbewegung entstehen können. Doch dies sind willkürliche Annahmen, die in tausend Schwierigkeiten führen und der Verfolgung so wie Widerlegung nicht werth sind.

Wenn wir jedoch die Hypothese festhalten, dass wirklich im ruhenden Muskel die Anordnung so sei, wie gezeichnet ist, so interessirt es zunächst, zu wissen, wie das Muskelende „der natürliche Querschnitt" sich verhalte.

In Fig. 6 sind einige Formen des Muskelendes aus dem Triceps femoris des Frosches dargestellt, die einen A. noch mit den Fibrillen der Sehne in Verbindung, die anderen B. aus dem Sehenende herausgenommen. Die Fasern wurden möglichst fein gewählt, um die Zeichnung nicht zu erschweren, dennoch liegen die Querstreifen noch zahlreicher im Verlaufe der Zuspitzung, als wie es die Zeichnung angiebt. Ein entsprechendes Verhalten der Enden zeigen nun alle Muskelfasern, seien sie aus einem gefiederten oder ungefiederten Muskel genommen, seien sie vom Säugethier oder vom Frosch, dies haben mir wenigstens zahlreiche Präparate aus verschiedenen Muskeln ergeben.

Man kann daher mit Recht fragen, wo ein natürlicher Querschnitt sich finde, denn wie man schon an der Zeichnung, noch auffallender aber an den Präparaten sieht, tritt stets nur die neutrale Kante der Querscheibe zu Tage, ihre Fläche spielt bei der Endigung gar keine Rolle. Theoretisch musste man allerdings ein terrassenförmiges Abnehmen der Querstreifen erwarten, jedoch sie folgen einander so dicht und ihr Durchmesser nimmt selbst an scharf sich zuspitzenden Fasern so allmählig ab, dass man an dem intacten Ende durchaus nichts von Terrassen sieht und selbst an der äussersten Spitze tritt meistens keine Fläche zu Tage, die erheblich breiter wäre als die Querscheibe dick ist. Bei der von Mysis abgebildeten, sehr gedehnten Muskelfaser, kann eher davon die Rede sein, dass das Faserende einen Querschnitt repräsentire, aber solche Enden sind auch nur bei wenigen Muskeln des Beins von Mysis anzutreffen nnd die starke Dehnung bedingt einen besonders günstigen Anschein, als wenn das Ende wirklich einem Querschnitt gleichwerthig sei.

Wenn die Annahme, dass die Querstreifen nur die elektromotorischen Molekeln enthalten, richtig ist, so erklärt sich daraus wenigstens diejenige Stufe oder Art der Parelektronomie, in welcher das normale Muskelende keine Spannungsdifferenz gegen den Längsschnitt zeigt. Will man diese Voraussetzung nicht gelten lassen, dann steht doch wenigstens so viel fest, dass anatomisch das Muskelende einem Querschnitt nicht gleichwerthig ist und man wird einer besonderen Erklärung, wie es zu denken sei, dass

physiologisch die Sache sich anders verhalte, gewärtigen können. Wenn der weit ungewöhnlichere Fall eintritt, dass der natürliche Querschnitt sich positiv gegen die Muskelfläche verhält, liegt allerdings die Sache anders; wenn die Seite des Querstreifs sich genau neutral verhält, sehe ich für diesen Fall noch keine morphologische Erklärung.

Dass gewisse Muskeln nicht nur eine paralektronomische Fläche, sondern eine paralektronomische Strecke zeigen,[1]) erklärt sich dadurch, dass im Sartorius und Rectus internus die Muskelfaserenden sich über eine gewisse Länge des Sehnenanfangs hin verstreuen, während im Gastrocnemius sie tiefer im Muskel nicht mehr sich finden, also wirklich in einer Fläche liegen.

Die physiologische Erfahrung lautet nun dahin, dass an der Sehne sich sehr leicht ein virtueller Querschnitt herstellen lässt.

Dies Verhalten würde sich vielleicht erklären, wenn der Muskel an dieser Stelle sehr verletzbar, also etwa so eben erst gebildet, noch unvollendet wäre. Daher entsteht die Frage: wie wächst der Muskel in die Länge? Dass nicht die alten Fasern untergehen und neue dafür entstehen, lehrt die Untersuchung der Muskeln junger Thiere zur Genüge, da sich eine Degeneration der Fasern darin nicht finden lässt.

Es erfolgt also eine Verlängerung der Fasern und diese könnte Folge sein 1) von Vermehrung der Querscheiben, deren Distanz wie oben besprochen im Mittel unveränderlich ist; 2) von Ansatz am Muskelende. Eine Vermehrung der Querscheiben müsste sich durch Theilungsstadien derselben verrathen, einige würden besonders dick, andere dünner sein müssen, wie die Mehrzahl der Querscheiben, einige würden zwei oder noch andere keine Mittelscheibe enthalten, je nachdem die Theilung unabhängig von dieser geschieht oder in ihrer Ebene vor sich geht. Ein solches Verhalten findet sich jedoch in ruhenden und todtenstarren Muskeln nicht, sondern es herrscht die grösste Gleichmässigkeit. Genaue specielle Messungen erfordern stärkere Vergrösserungen, wie ich sie besitze, jedoch man kann nachweisen, dass die Dicke von je 5 oder 10 Querstreifen durch den ganzen Muskel fast genau gleich bleibt, und dass innerhalb dieser Anzahl von Querstreifen keine wahrnehmbaren Dickenunterschiede sich finden. Eine Veränderung der Mittelscheibe, sei es ein Fehlen oder eine Verdopplung derselben, sei es in der Weise, dass sie auch nur annähernd die Breite der Zwischensubstanz annähme, habe ich niemals beobachtet. Theilungen der Querscheiben kommen demnach nicht vor und es muss die Verlängerung der Faser an den Enden erfolgen.

Besonderes Interesse hat es, zu wissen, wie sich die Querscheibe bildet. Bei Mysis, wo ich sehr viele Muskeln im intacten Zustande darauf hin ansehen konnte, war stes zwischen letzter Querscheibe und Sarkolema noch Zwischensubstanz vorhanden, und niemals sah ich eine ihrer Dicke nach unvollendete Querscheibe, stets war der Mittelstreif auf den beiden Seiten mit der Substanz der Querscheibe überzogen.

Bei den Muskeln vom Frosch oder vom Meerschweinchen sieht man am freien Ende wohl zuweilen eine zackige Beschaffenheit, Fig. 6. B. entsprechend den Muskelsäulen oder Fibrillen. Hier erscheint zuweilen die

1) Du Bois. Ueber das Gesetz des Muskelstroms. S. 686.

Querscheibe entblösst — vielleicht nur durch die Präparation — häufiger aber von der Zwischensubstanz überzogen. Jedoch auch hier sehe ich niemals die Querscheibe der Dicke nach unvollendet, sie wächst indem sich Fibrille nach Fibrille seitlich anlegt. Zu vermuthen steht, dass sich in der Zwischensubstanz das Molekül der Querscheibe aggregire, noch nicht aggregirte Theile habe ich jedoch nicht bemerken können.

Um nicht missverstanden zu werden, möchte ich das Resultat der Untersuchung des Muskelendes dahin präcisiren: es liegen hier Structurverhältnisse vor, welche ein anderes eletromotorisches Verhalten, als dasjenige ist, welches ein wirklicher Muskelquerschnitt zeigt, nicht auffallend erscheinen lassen, und da zugleich die Muskelsubstanz hier am jüngsten ist, scheint es nicht unwahrscheinlich, dass hier durch Eingriffe besonders leicht die zu erwartende Neutralität zerstört werden kann. Es handelt sich für den, welcher seine physiologischen Anschauungen wo möglich mit den Structurverhältnissen im engen Zusammenhang zu halten wünscht, darum, Abweichnungen im electromotorischen Verhalten verknüpft zu wissen mit besonderer Structur; dadurch werden sie mit uns gleichsam befreundeter, unserem Interesse und Studium näher gerückt und dieses, nicht eine ausreichende Erklärung scheint mir durch obige Darlegung erreicht zu sein.

Fragt man, wie sich in unserem Schema das elektromotorische Verhalten bei Anätzung der Querscheibe machen werde, so ergiebt sich Folgendes: die Voraussetzung ist, dass die Molekeln drehbar sind oder doch mit Leichtigkeit die + und — Pole auf ihrer Oberfläche so verschoben werden können, als wenn eine Drehung erfolgt sei. Ich mache nun weiter die Annahme, dass die an sich elektromotorisch wirksamen Molekeln der Querscheibe in ihrer Richtung durch die Polaritat der Mittelscheibe erhalten werden. So lange nun die Anätzung noch nicht zur Mittelscheibe gedrungen ist, bleibt die Fläche des Querschnitts negativ, wird die Muskelscheibe zerstört, so drehen sich die jetzt nicht mehr in ihrer Richtung gehaltenen Molekeln des übrigen Theils der Querscheibe mit ihrem positiven Pol der negativen Fläche der folgenden Querscheibe zu und es erhält sich daher stets die Negativität des Querschnitts. Da der Drehungsvorgang eines Molekels, oder eine Ungleichzeitigkeit der Zerstörung der Mittelscheibe schon ausreichend sind, um die labile Gleichgewichtslage aller übrig gebliebenen Molekeln der Querscheibe zu stören, dürfte unserer mechanischen Vorstellung über die Möglichkeit eines solchen Drehungsvorgangs nicht zu nahe getreten sein. Wenn für die Mittelscheibe eine peripolare Gruppe dipolarer Elemente angenommen werden soll, für welche die Voraussetzung zu machen ist, dass die Molekeln sich gegenseitig in Situ erhalten, bleibt dieselbe Erklärung des Vorgangs gültig; das peripolare Molekel ist jedoch für die Vorstellung der Mechanik der Drehung und für die Erklärung des Ausbleibens des Elektrotonus (in seinem engeren von du Bois ursprünglich aufgestellten Begriff) bequemer.

So weit wäre der Sachverhalt wesentlich derselbe wie in dem Schema von du Bois, jedoch unsere Annahme enthält eine Modification von Bedeutung. Es ist nicht wohl anzunehmen, dass die Richtkraft der Mittelscheibenmolekel rein auf die Molekelreihe der zugehörigen Längsaxe in der Querscheibe beschränkt bleibe, sondern sie wird nach allen Richtungen ungefähr umge-

kehrt, wie die dritte Potenz der Entfernung sich geltend machen müssen. Wenn also ein kleines Stück aus der Mittelscheibe entfernt wird, findet in der Querscheibe noch gar keine Drehung der Molekeln statt, weil die Kraft der benachbarten Molekeln noch genügend stark, die drehende Wirkung der gegenüber liegenden Querscheibe überwiegt. Aus demselben Grunde wird die Drehung nach Wegnahme grösserer Stücke der Mittelscheibe etwas unvollkommener erfolgen, wie nach dem Schema von du Bois. Im Falle nun der reine Querschnitt in Betracht gezogen wird, bleibt die angedeutete Abänderung ohne Bedeutung, weil eine isolirte Zestörung der Mittelscheibe nicht zur Beobachtung kommt.

Bei einem schrägen Längsschnitt liegt aber die Sache anders und hier ist der Punct, wo ein thatsächlicher Anhalt für die morphologische Gestaltung der Molecularhypothese sich gewinnen lässt.

Eine genau parallel der Längsaxe der Faser liegende Oberfläche ist neutral. Wenn durch das Messer oder Anätzung ein etwas schräger Längsschnitt entsteht (Fig. 8) treten nach der Molekularhypothese nur negative Pole direct mit dem Zuleitungsgefäss (Thon + abgestorbener Muskel) in Berührung, die positiven Pole sind von dieser getrennt durch die longitudinale Zwischensubstanz, der ein gutes Leitungsvermögen doch nicht zugeschrieben werden kann. Desshalb muss der Spannungsunterschied zwischen Querschnitt und ein wenig schrägem Längschnitt beträchtlich geringer sein, wie zwischen Querschnitt und intacter Oberfläche.

Nach der morphologischen Modification (Fig. 9) bleibt die Oberfläche fast ganz neutral, da die eine Hälfte der Querscheibe eine positive, die andere Hälfte eine negative Fläche zur wirklichen Berührung dem Thonstiefel darbietet, nur in der spitzen Ecke des Schrägschnitts beginnt in der positiven Hälfte der Querscheibe eine Drehung, welche den gesammten Längsschnitt etwas negativ macht. Diese Drehung wird mehr und mehr hervortreten, je schräger der Längsschnitt fällt.

Du Bois hat nun allerdings postulirt und nachgewiesen,[1]) dass der Schrägschnitt weniger negativ ist, wie der Querschnittt, jedoch nach seinem Schema muss die Wirkung der positiven Pole im Schrägschnitt doch immer sehr erheblich gegen die der negativen zurückstehen, auch wird die Voraussetzung unentbehrlich, dass die peripolare Gruppe untheilbar sei, weil ohne diese Untheilbarkeit, welche für das morphologische Schema entbehrlich ist, die positiven Pole gar nicht zur Wirksamkeit kommen würden. Es macht nun thatsächlich keinen merklichen Unterschied für die elektromotorische Kraft, ob man den Muskel gerade ausstrekt und die stets ein wenig ätzenden Thonstiefel eindrückt oder hervorzieht, oder ob der Muskel gefaltet wird und in seine convexe oder concave Oberfläche die durch ein Glasplättchen verstärkten und zugespitzten Thonstiefel eingesenkt werden. Selbst wenn die stark ätzende Zinklösung so weit durchgedrungen war, dass man sie schmecken konnte, trat eine Aenderung der elektromotorischen Kraft in constanter Weise nicht auf[2]). Daher scheint in der That die morphologische Gestaltung des Schemas vortheilhaft zu sein.

1) Ueber das Gesetz des Muskelstromess. Archiv von Reichert. 1863. S. 588.

2) Wenn der Sartorius so gefaltet wird, dass beide Enden dem einen, die Fläche dem zweiten Zuleitungsgefäss anliegen, tritt im Vergleich zur gewöhnlichen Lagerung eine nur

Es lag, wie schon oben erwähnt, nicht in meinem Plan, in der Muskelphysik zu arbeiten, sondern ich habe mich strenge an die Lehre du Bois' zu halten gesucht. Was durch die vorliegende Darlegung angebahnt werden sollte, ist, kurz gesagt, die Erledigung der Frage, wie eine Verknüpfung der Morphologie des Muskels mit der allgemeinen Muskelphysiologie möglich ist und welche Punkte sich etwa dieser Verknüpfung hinderlich in den Weg stellen.

Anhang.

Ueber den Gang der Lichtstrahlen im Muskel.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Muskelsubstanz ist man auf die Verschiedenheit 1) der Lichtabsorbtion, 2) der Lichtbrechung, 3) auf die Anisotropie der Querscheiben, angewiesen, da eine körnige Beschaffenheit der Hauptbestandtheile des Muskels in der Regel nicht unterscheidbar ist und daher für die Untersuchung keinen Anhalt bietet.

Der Unterschied in der Lichtabsorbtion ist von nur geringer praktischer Bedeutung. Die Querscheiben in den Muskeln der Wirbelthiere absorbiren das Licht stärker wie die Zwischensubstanz, daher erscheint dieselbe unter günstigen Bedingungen hell und weiss, jedoch geringe Schrägstellung der Querscheiben oder eine zu grosse Annäherung derselben verdeckt den Unterschied in der Lichtabsorbtion vollständig.

Auch erscheint die Differenz insofern von geringer Bedeutung als die Querscheiben bei Insekten umgekehrt das Licht weniger absorbiren wie die Zwischensubstanz.

Da nun sowohl für sehr feine Muskeltheile als auch für sehr starke Vergrösserungen der Polarisationsapparat seine Dienste versagt, sind wir bei der Untersuchung wesentlich auf den Effect der Lichtbrechung verwiesen. Aus diesem Grunde habe ich mir erlaubt, durch eine Construction in möglichst einfacher Weise den Gang der Lichtstrahlen darzustellen, nicht ohne die Furcht etwas Ueberflüssiges zu geben.

Von dem zerstreuten Licht, welches der Spiegel nach oben wirft, gehen nur diejenigen Strahlen durch den Muskel, welche weniger wie 30 bis höchstens 40° gegen die Axe des Mikroskops geneigt sind, die übrigen werden abgeblendet. Die Brennlinie, welche durch die cylindrische Gestalt der Muskeltheile hervorgebracht wird, ist sehr verwischt und fällt ausserhalb des Focus, so dass sie für das Bild nicht in Betracht kommt.

Um den Gang der Lichtstrahlen in einem Muskelstück zu verfolgen, muss der Brechungsexponent der Substanzen bekannt sein; da es jedoch nur

---

sehr geringe Verstärkung der elektromotorischen Kraft ein. Sobald aber das eine Ende, statt an den Thonstiefel, mit dem Querschnitt auf die Muskelfläche, einerlei wie und wo angelegt wird, nimmt die elektromotorische Kraft sehr auffallend (um $^1/_2$—$^2/_3$) zu. Diese Beobachtung ist, so weit mir bekannt, noch nicht gemacht worden, und ich erwähne sie, da ich schwerlich diesen Gegenstand weiter verfolgen werde.

auf die qualitative Vertheilung des Lichtes ankommt, ist es erlaubt die Annahme zu machen, dass der Exponent der Zwischensubstanz gleich dem des Glaskörpers, der der Querscheibe gleich dem der Linse sei. Demnach liegen der Construction von Fig. 10, 11 und 12 folgende Zahlen zu Grunde:

Brechungsexponent	des Wassers	1,3354
„	„ der Zwischensubstanz	1,35143
„	„ der Querscheibe	1,43365
„	„ für Zwischensubstanz und Wasser . .	1,0120
„	„ für Querscheibe und Wasser . . .	1,07358
„	„ für Querscheibe und Zwischensubstanz	1,06085

Bei dieser Annahme ist der Gränzwinkel zwischen Querscheibe und Zwischensubstanz $70^0, 30'$ alle Strahlen, welche unter einem grösseren Winkel aus der Querscheibe gegen die Zwischensubstanz hingehen, werden reflectirt. Alle Strahlen, welche mit einem Einfallswinkel von 21^0 in die Querscheibe eintrteen, verlaufen nach der Brechung mit einem Winkel von $19^0\,30'$ im Querstreif weiter und treffen eventuell mit einem Einfallswinkel von $90^0 - 19^0\,30' = 70^0\,30'$ auf die Zwischensubstanz, werden also total reflectirt. Alle Strahlen von weniger wie 21^0 Neigung trifft dasselbe Schicksal, diejenigen von grösserer Neigung werden zum Theil in die Zwischensubstanz eindringen können. Es charakterisiren daher die Strahlen von 20^0 Neigung bei den von uns angenommenen Brechungsexponenten das Bild am meisten. Demgemäss ist der Gang solcher Strahlen in der Fig. 10 verfolgt worden; in der Zwischensubstanz tritt eine Ablenkung von nur $^1/_4{}^0$ ein, welche zu, gering ist, um in der Zeichnung wiedergegeben zu werden. Man übersieht in dieser Figur die totale Reflection, den Lichtverlust an den Seiten der Zwischensubstanz und die Anhäufung des Lichts am Rande der Querscheibe.

Wenn wir die Zusammensetzung des Muskels untersuchen wollen, verlegen wir die Einstellungsebene des Mikroskops in dessen Substanz, also etwa entsprechend der in Fig. 11 gezogenen Linie F. Jeder Punkt dieser Linie wird durch diejenigen Strahlen erhellt, welche nach ihrer letzten Brechung von ihm zu kommen scheinen [1]). Um daher über die Vertheilung des Lichtes im Bilde Rechenschaft zu geben, müssen die verschiedenen Strahlen auf die Einstellungsebene rückwärts verlängert werden. Dies ist in Fig. 11 geschehen.

Endlich ist in Fig. 12 die Intensität des Lichtes für Fig. 11 berechnet und dargestellt, unter der Voraussetzung. dass die Beleuchtung jedes Punktes der Grundfläche des Muskels einer Höhe der Ordinate von 10 Thlstr. entspreche. Auf die Abscissenaxe ist die Breite der Zwischensubstanz und Querscheibe, wie sie in 10 und 11 angenommen ist, aufgetragen. Es kommt, wie man sieht, eine eigenthümliche Vertheilung der Lichtintensität zu Stande, jedoch ergiebt sich leicht, dass durch Strahlen mit anderen Einfallswinkeln als 21^0 die scharfen Abgränzungen der verschiedenen Intensitäten sehr abgeschwächt und geglättet werden. Die Strahlen von $21 - 0^0$ Einfallswinkel erhellen die ganze Fläche gleichmässiger und reduciren die hervorstehenden Ungleichmässigkeiten in der Lichtvertheilung an den Gränzflächen auf einen schmaleren Saum. Strahlen von $21 - 30^0$ Einfallswinkel erleiden

1) Das Mikroskop, von Naegeli und Schwendner. Vierter Abschnitt.

dagegen keine totale Reflexion mehr, sondern gehen in die Zwischensubstanz über und schwächen die Dunkelheit am Rande derselben ab.

Die rein mechanische Mikroskopie ergiebt also, wenn wir in der Mitte der Querscheibe beginnen, zunächst helle Substanz, von 20 bis 6, dann einen Streif, welcher von grösster Helligkeit zu grösster Dunkelheit übergeht, von 6 bis — 4, dann ein heller Saum von — 4 bis — 8, dann endlich die etwas weniger helle Masse, welche ausschliesslich zur Zwischensubstanz gerechnet wird von — 8 bis — 16. Hierzu kommt noch eine Verschiedenheit des Habitus beider Substanzen in Folge differenter Lichtabsorbtion. Dies sind die Anhaltspunkte, aus denen sich unsere Auffassung des Bildes entwickelt. Wir haben aber empirisch erfahren, dass festere durchsichtige Körper in durchsichtigen Medien in der Regel einen nach aussen dunkler werdenden Contour besitzen und schliessen demnach, dass auch hier diejenige Scheibe, welche ein solches Verhalten zeigt, die festere oder mit Berücksichtigung der Theorie, dass sie jedenfalls die stärker lichtbrechende sei. Die wahre Gränze der beiden Substanzen können wir nicht wahrnehmen, sondern rechnen den dunklen Contour dem Theile, welchen wir für die vorzugsweise „körperliche" Substanz glauben erkannt zu haben, also der Querscheibe zu. Wir sehen dieselbe folglich breiter als sie wirklich ist, jedoch da sich an der Gränze des Schattens das Licht aus der Zwischensubstanz mit dem aus der Querscheibe kommenden mischt (Fig. 11 und 12), wird eine genaue Abgränzung nicht möglich sein. Wenn die Zwischenscheibe so schmal wird, dass die Randcontouren der Querscheibe sie ganz überschatten, ändert sich unsere Auffassung. Wir sehen in diesem Falle die Zwischensubstanz überhaupt nicht, aber die dunkle Zone zwischen den hellen Durchschnittsflächen der Querscheiben beweist uns, dass hier eine trennende Substanz liegen müsse, welche wir in die dunkelste Strecke zwischen den beiden Querscheiben verlegen. Da eine veränderte Lagerung der Muskeltheile sogleich ergiebt, dass die dunkle Substanz an sich durchsichtig ist, kann ihre Dunkelheit nur durch einen niederen Brechungsexponenten bedingt sein. Wäre derselbe grösser wie jener der Querscheibe, würde die Zwischensubstanz mehr Licht aufnehmen wie abgeben, folglich heller erscheinen.

Ich habe mir eine Anzahl Glasleisten schleifen lassen, um mit diesen, die wie die Querscheiben des Muskels angeordnet und zwischen welche die stärker oder schwächer brechenden Medien eingeschaltet wurden, die theoretischen Ableitungen zu bestätigen. Die Nachahmung ist etwas roh und wenn die Flüssigkeit stärker lichtbrechend ist wie das Glas, treten störende Interferenzfarben auf, jedoch bestätigt die Untersuchung dieser Combination die oben gegebene Ableitung durchaus. Ungemein leicht wird die mit Flüssigkeit gefüllte Spalte zwischen den Leisten, welche die Zwischensubstanz repräsentirt, durch eine geringe Schrägstellung der Leisten verdunkelt, da von der schrägen Fläche aus fast kein Licht ins Auge dringt. Es ward schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass durch geringe Schrägstellung der Querscheiben im Muskel aus denselben Gründen die Zwischensubstanz dunkel erscheint.

Nachtrag.

Nach Abschluss dieser Arbeit, deren Erscheinen durch Verzögerung des Stichs, der seit Pfingsten in Arbeit gegebenen Tafeln, sich erheblich hinausgezogen hat, überraschte mich eine vom 20. August datirte Mittheilung W. Krause's [1]: Ueber den Bau der quergestreiften Muskelfaser.

Krause findet im Muskel eine dritte Art von Querstreifen, welche er als Querlinie bezeichnet. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass seine Querlinie mit meiner Mittelscheibe identisch ist und somit darf ich seine Arbeit mit Vergnügen als sehr förderlich begrüssen, da doch jetzt erlaubt ist, mit einiger Aussicht auf die Anerkennung dieser von zwei Seiten her constatirten Bildung zu hoffen. Ferner spricht auch Krause die Ansicht aus, das die Höhe der „Muskelprismen" (Sarcous elements), sowie der „Muskelkästchen" (zwei halbe Querscheiben + Zwischensubstanz) in der ganzen Wirbelthierreihe beinahe constant sei, dass also, verstehe ich recht, die Entfernung der Querstreifen von einander in der Ruhe dieselbe Grösse haben.

Im Uebrigen divergirt unsere Auffassung höchst auffallend. Schon bei dem Citat von Krause's Beobachtung über die Contraction machte ich darauf aufmerksam, dass er für Querscheibe halte, was ich für Zwischensubstanz ansehe, nach ihm liegt nun seine Querlinie, also meine Mittelscheibe: in den hellen isotropen, schwächer lichtbrechenden, ohne Zweifel aus Flüssigkeit bestehenden Querbändern. Es ist demnach vollständig klar, dass Krause die eine, ich die andere der beiden Muskelsubstanzen für anisotrop und stärker lichtbrechend erklären.

Ich habe diesen Gegenstand im Text genügend erörtert und habe nichts mehr darüber zu sagen, jedoch sollte man meinen, es müsse durch Brücke's Arbeit sogleich eine Entscheidung zu gewinnen sein. Da sowohl nach Krause's von mir reproducirter Fig. 7, wie nach meinen Abbildungen die die Mittelscheibe tragende Substanz beträchtlich breiter ist, könnte dies Verhalten einen Anhaltspunkt geben. Bei Brücke ist nun die breitere Substanz anisotrop, jedoch es kommen in seinen Figuren Fälle vor, wo einzelne anisotrope Streifen ebenso schmal sind, wie die Zwischensubstanz. In einer Faser (Fig. 1 A) wechselt die anisotrope Substanz in der Art, dass ein breiter und ein sehr schmaler Streif abwechseln; der letztere könnte als Mittelscheibe gedeutet werden, wenn diese anisotrop wäre, und in diesem Falle spräche jene Figur zu Gunsten Krause's. Ich habe nun freilich direct beobachtet, dass die Mittelscheibe isotrop ist und in anisotroper Substanz liegt, aber wenn ich mich geirrt hätte, würde ich mich hoffentlich consequent geirrt haben. Daher ist eine Entscheidung so nicht zu gewinnen und für ein objectives Urtheil wird eine Forschung Dritter nothwendig. [2])

Krause erklärt die Querlinie für eine Membran, die mit dem Sarcolem

1) Göttinger Nachrichten Nr. 17. 1868.

2) Vielleicht dürfte schon die Arbeit von Rollet: Sitzungsber. d. Akad. Wien 1857, S. 291, welche ich leider erst jetzt einsehen konnte, die Streitfrage entscheiden. Die Auffassung dieses Forschers von der Structur des Muskels stimmt mit der meinen sehr vollständig überein.

zusammenhänge, und knüpft daran eine Beschreibung von besonderen Muskelkästchen, ich halte diese Angabe für entschieden unrichtig, sie ist jedenfalls (auch für Entwickelungsstadien des Muskels) unerweisbar.

Krause nimmt an, dass bei der Contraction die Flüssigkeit innerhalb seiner Muskelkästchen von der Grundfläche der Prismen nach deren Seiten hin ausweiche. Er spricht zunächst von den Muskeln der Wirbelthiere. Bei sich contrahirenden Fibrillen von Insecten habe ich davon durchaus nichts gesehen und würde es meines Erachtens haben sehen müssen, wenn es in dieser Art geschähe.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Muskel vom Meerschweinchen in der Ruhe 500 × vergr. a Zwischensubstanz, b Querscheibe, der schwarze Strich in letzterer die Mittelscheibe.

Fig. 2. Derselbe bei 1200 × Vergrösserung. A grösseres Stück. a Sarcolem, b Zwischensubstanz, c Querscheibe, d Mittelscheibe. B zerfasertes Stück. a Säule, b Fibrillen, c Querscheibe.

Fig. 3. Contrahirter Muskel vom Meerschweinchen aus Ueberosmiumsäure. A grösseres Stück einer Faser, d bei geradem, e bei schrägem Licht, a Zwischensubstanz, b Querscheibe, c Mittelscheibe. B Fibrille. a Zwischensubstanz, b Mittelscheibe.

Fig. 4, Contractionswelle in einem Muskel von Mysis. a gedehnter Theil des Muskels, b ruhender, c contrahirter Theil, d Zwischensubstanz, e Mittelscheibe.

Fig. 5. Fibrillen der Biene. A gedehnt, B ruhend, C contrahirt. a ein Muskelelement, b b′ Querscheibe, c Mittelscheibe, d d′ Zwischensubstanz, e Gränzlinie in der Zwischensubstanz.

Fig. 6. Muskelenden vom Frosch aus dem Triceps. A noch mit der Sehne in Verbindung, B die Sehne entfernt.

Fig. 7. Contrahirte Muskelfaser nach Krause. a Kern des Sarcolems, b contrahirte Stelle, „die Scheiben der dunklen, anisotropen Substanz sind eng zusammengerückt“, c beginnende Contraction, d nicht contrahirte Stelle.

Fig. 8. Schema nach du Bois. Weiss positiv.

Fig. 9. Modificirtes Schema. a — a Muskelelement, m Mittelscheibe, J Zwischensubstanz, J, Längszwischensubstanz, b b gedrehte Molekeln in Folge des Schrägschnitts.

Fig. 10. Schema der Muskelfasern für den Gang der Strahlen von 21° Einfallswinkel. a Querscheibe, b Zwischensubstanz.

Fig. 11 Schema der Muskelfaser für die Projection der Lichtstrahlen nach Fig. 10. F Einstellungsebene, die dunklen Linien stammen aus der Zwischensubstanz, das Licht tritt von rechts her ein.

Fig. 12. Intensität des Lichts durch die Ordinaten dargestellt für unter 21° in der Ebene des Papiers eintretende und nach Fig. 11 projicirte Strahlen. a Querscheibe, b Zwischensubstanz.

Fig. 1.

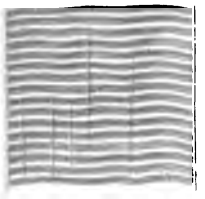


Fig. 2.

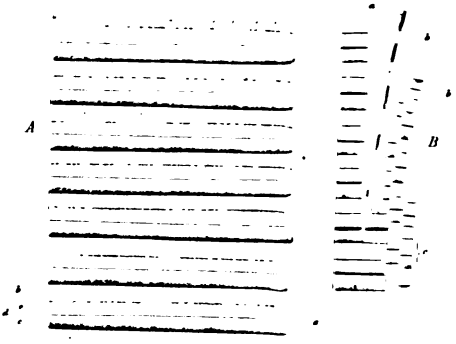


Fig. 3.

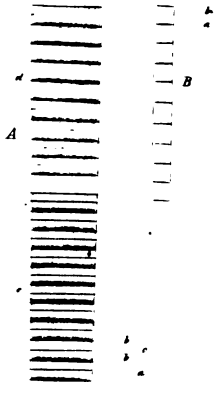


Fig. 4.

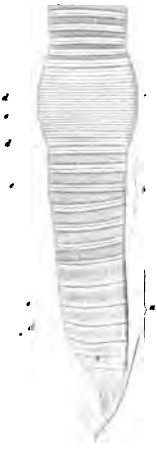


Fig. 5.

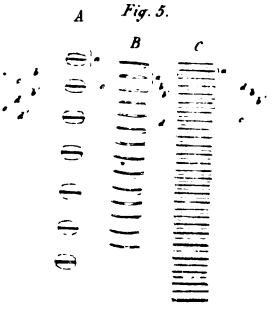


Fig. 7.

Fig. 6. B.

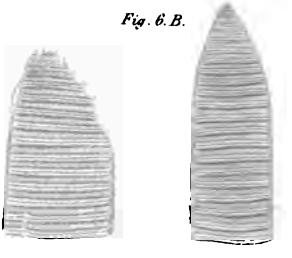


Fig. 6. A.

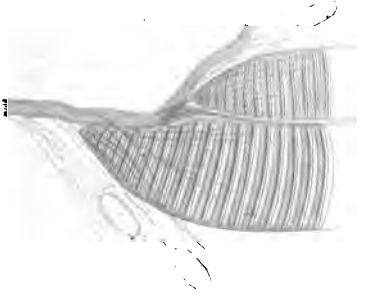
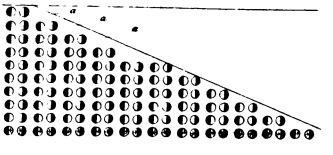


Fig. 8.



Wagenschieber &c.

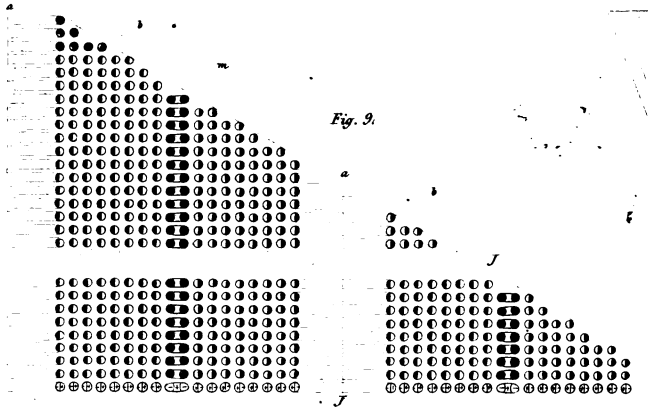


Fig. 9.

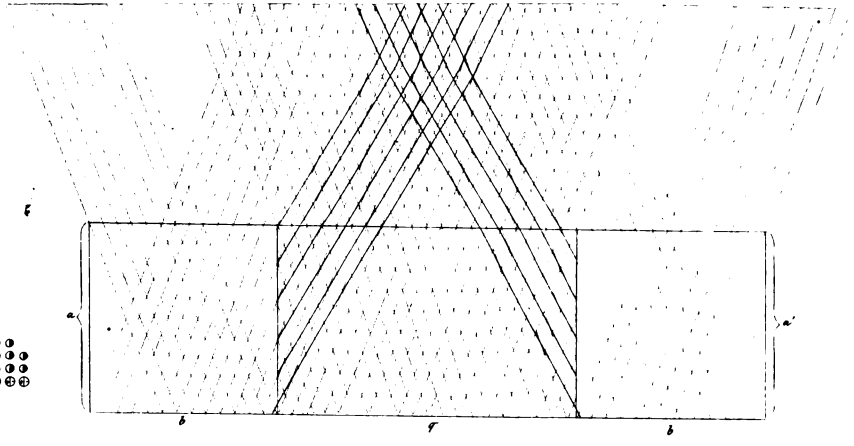


Fig. 10.

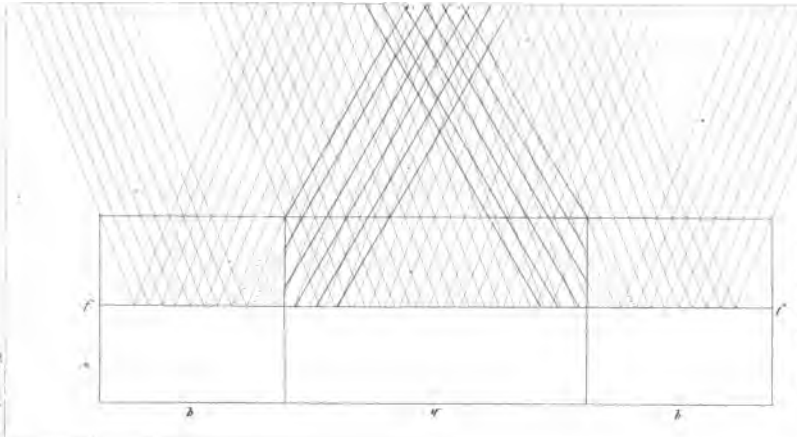


Fig. 11.

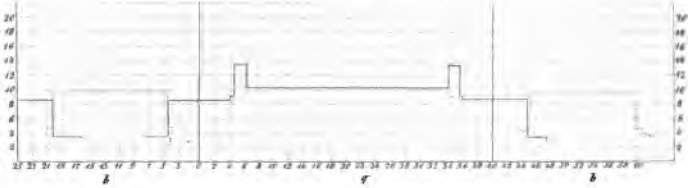


Fig. 12.

Taf. II.

Ausführliche

Analyse einer menschlichen Lymphe

von

Dr. med. C. Dähnhardt.

In Virchow's Archiv 1866 wurden von Prof. Hensen und mir unter dem Titel: „Zur Chemie der Lymphe" und „Bemerkungen über dieselbe" die Resultate verschiedener Lymph-Analysen veröffentlicht, welche vor Kurzem noch eine Ergänzung fanden in meiner Inauguraldissertation betitelt: „Beiträge zur Chemie der Lymphe".

Da die Gelegenheit sich nicht so leicht wieder darbieten dürfte, hinreichende Mengen Lymphe, vor Allem menschlicher, zur Untersuchung zu erhalten und da die Resultate, welche an ein und demselben Untersuchungsobject gewonnen wurden, getrennt erschienen sind, so dürfte es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich an diesem Orte in Kürze eine Zusammenstellung der wichtigeren Bestimmungengebe.

Die Lymphe, welche mir zur Untersuchung zu Gebote stand, wurde von einem Patienten aus der Klinik des Herrn Prof. Bartels erhalten. Der Kranke hatte an der Innenseite des rechten Oberschenkels eine haarförmige Oeffnung aus der täglich 500 — 700 Cm. Lymphe ausflossen. Die Lymphe war klar, zeigte alkalische Reaction und reagirte schon frisch sehr deutlich auf Ammoniak. Das specifische Gewicht variirte, das Mittel aus verschiedenen Beobachtungen ergab ein specifisches Gewicht von 1,007. Die Lymphe blieb sich gleich durch fast sechs Monate; sie änderte sich nur insofern, als sie durchschnittlich in späterer Zeit, als das Gesammtgewicht des Patienten sich verschlechterte, wässriger ward und ferner in der Menge, die, wie oben angegeben, ziemlich variabel war. Sie enthielt stets spontan abgeschiedene Fibrinflocken und es liessen sich in ihr durch Zusatz von Blutkörperchen neue Gerinnungen hervorrufen.

Der Gehalt an weissen Blutkörperchen war ein geringer.

Das Mittel aus drei verschiedenen auf die ganze Zeit der Lymphe-Gewinnung sich vertheilenden Analysen ergab an festen Körpern in 1000 Thl. Lymphe 13,658; davon waren:

anorganische Stoffe	8,789	8,556	lösliche Salze,
		0,233	unlösliche Salze.
organische „	4,869		

Die Durchschnittsanalyse des schliesslich gesammelten Lymphrückstandes ergab:

1000 Theile Lymphrückstand:		100 Theile Lymphasche:	
296,1	1,8 in Aether löslich 70,0 in Alkohol löslich 224,3 in Alkohol unlöslich		
703,9	686,4 in Wasser löslich 17,5 in Wasser unlöslich	100	97,514 in Wasser löslich 2,468 in Wasser unlöslich

Chlornatrium	424,296	. . . . .	74,484	
Natron	72,888	. . . . .	10,355	
Kali	22,916	. . . . .	3,255	
Kalk	6,891	. . . . .	0,979	
Magnesia	1,866	. . . . .	0,265	
Phosphorsäure	7,679	. . . . .	1,091	
Kohlensäure	57,767	. . . . .	8,206	davon bei der Veraschung 0,476 gebildet.
Schwefelsäure	8,979	. . . . .	1,276	
davon bei der Verbrennung entstanden . . .	3,312			
Eisenoxyd	0,354	. . . . .	0,057	

Anmerkung. Die Berechnung der einzelnen Körper als Salze habe ich hier unterlassen; im Original sind dieselben ausgeführt, in welchem ausserdem noch mehrere Analysen angegeben sind.

Der Fettgehalt der Lymphe (Aetherextract) war nach vorliegender Tabelle ein äusserst geringer, doch erwies sich bei eingehenderer Untersuchung der Lymphe auf die Fette, dass ein Theil Fett (Cholesterin und Lecithin) nicht durch den Aether hatte extrahirt werden können.

An Neutralfetten waren vorhanden: Oleinsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure-Glycerid, mit Ueberwiegen der ersteren. Ausserdem in verhältnissmässig grosser Menge Cholesterin, was namentlich auffällig erscheint bei dem geringen Gehalt der Lymphe an Lymphkörperchen, während das mit dem Cholesterin im Alkoholextract sich vorfindende Lecithin in weit geringerer Menge vorhanden war.

Seifen der oberwähnten Fettsäuren waren, wenn überhaupt nur in Spuren vorhanden, flüchtige Fettsäuren an Alkalien gebunden, waren ferner ebenfalls nur in unbedeutender Masse zugegen. Buttersäure macht unter ihnen wohl den hauptsächlichsten Theil aus.

An eigentlichen Extractivstoffen konnte, obgleich sehr eingehend, namentlich auch auf Zucker und Kreatin, nach denselben gesucht wurde, nur Harnstoff und Leucin nachgewiesen werden. Ersterer wurde einmal in der frischen Lymphe auch quantitativ bestimmt und zwar fanden sich in 1500 Ccm. 0,01 Gramm.

Was die Eiweisskörper betrifft, so fanden sich: Fibrin, Serumalbumin und ein durch Essigsäure ausscheidbares Albuminat. Eine einmal ausgeführte quantitative Bestimmung derselben ergab in

1000 Theilen Lymphe: 1,070 Fibrin (etwas verunreinigt),
1,408 Serumalbumin,
0,894 durch Ā ausscheidbares Albuminat.

Wie schon erwähnt, enthielt die Lymphe stets Ammoniak; nach der gefundenen Menge berechnete man den Gehalt der Lymphe an kohlensaurem Ammoniak in

1000 Theilen zu 0,357.

Die Lymphe enthielt endlich auch noch freie Kohlensäure absorbirt, die damals leider nur durch Auskochen erhalten und bestimmt werden konnte.

Nach einer Analyse ergab sich deren Gehalt in 1000 Thln. zu 1,109, nach einer zweiten zu 0,972; ungefähr also zu 50 Vol. p. Ct.

Da die Lymphe alkalisch reagirte, ist die durch Kochen entwikelte Kohlensäure wohl nicht als einfach absorbirt anzusehen, sondern vielmehr als locker chemisch gebunden; vielleicht auch dass während des Kochens etwas kohlensaures Alkali durch Säurebildung zerstört worden ist.

Dieses wären in Kurzem die Resultate der gemachten Untersuchungen, was die Methode derselben, sowie die Darstellung der einzelnen Körper anbelangt, so verweise ich auf die oben citirten Originalarbeiten.

Die früheren Angaben über menschliche Lymphe zeigen eine grössere Concentration derselben. Wenn es nun auch nach den gleich im Anfange gemachten Daten unzweifelhaft ist, dass die untersuchte Flüssigkeit wirklich Lymphe war, so zeigte sie sich doch insofern pathologisch verändert, als sie zu wasserhaltig und auch wohl zu arm an organischen Stoffen war.

Die Bedingungen, welche diese ihre abnorme Beschaffenheit hervorrufen konnten, liegen übrigens auch klar genug vor. Der Mann war durch ein langes Krankenlager herabgekommen. Das Bein, aus dem die Lymphe floss, war abgemagert und die bedeekende Haut erkrankt. Ausser diesen lokalen Verhältnissen musste für den Concentrationsgrad der Lymphe die entschiedene Verminderung des Blutdrucks durch eine Insufficienz der Atrioventrikularklappe bedingend sein; denn wenn auch die vorliegenden Angaben über die chemische Constitution der Lymphe, namentlich das Verhalten der Salze gegen die Anschauung die Lymphe als eines Bluttransudat zu betrachten, spricht, (s. Hensen l. c.) so erscheint es doch als berechtigt, den geringen Gehalt an festen Körpern, namentlich an Eiweisstoffen, wenigstens theilweise auf den veränderten Blutdruck zu schieben.

Was die speziellen Angaben betrifft, so sind diese mit den früheren schwer zu vergleichen, da diese spärlich sind und sich nur auf einige Salze erstrecken. Der Salzgehalt der Lymphe scheint durch die pathologischen Umstände nicht so modificirt zu sein, wenigstens entsprechen dieselben den Angaben Schmidt's über die normal Pferde-Lymphe sehr gut.

Experimentelle

Studien zur Physiologie des Gehörorgans

von

Dr. Schmidekam

mit Zusätzen von

Dr. Hensen.

Herr Schmidekam hat eine Dissertation unter obigem Titel veröffentlicht, welche von einer Reihe mit mir gemeinsam angestellter Versuche über die Schallleitung im mittleren Ohr berichtet. Zu unserem Bedauern musste die gemeinsame Arbeit unterbrochen werden, ehe einige Einzelheiten definitiv erledigt werden konnten. Dieselben sind hier hinzugefügt worden, ausserdem habe ich mit Einwilligung des Herrn Schmidekam einige Umordnungen, Zusätze und Abkürzungen gemacht. Die Untersuchung war von uns vor fast vier Jahren begonnen worden, blieb dann aber theils wegen Mangels an Instrumenten, theils wegen Fortgang des Herrn Schmidekam liegen. Er wünschte dann später behufs seiner Inaugural-Dissertation die Sache fort zu führen und hat mich, die Wahrheit zu gestehen, durch seinen Eifer gezwungen, viel weiter zu gehen, als dies in meinem Plane lag. Wohl hatte ich selbst beabsichtigt, in diesem Gebiete intensiver zu arbeiten, aber meine Vorarbeiten für dieses durch mancherlei Klippen gefährlich gemachte Unternehmen waren durchaus nicht abgeschlossen. Wie die Sachen lagen blieb nur übrig, rein experimentell vorzugehen, unablässig bemüht, Fehler aufzudecken und zu rectifiziren und auf weitgreifende, theoretische Speculationen und Folgerungen zu verzichten.

Ehe von der Untersuchung selbst berichtet wird, kann ich nicht umhin, eine kritische Erörterung über den jetzigen Stand unseres physiologisch-akustischen Wissens vorangehen zu lassen, wobei ich bedauere, mich sehr negirend verhalten zu müssen. Unsere Erkenntniss ist entschieden noch nicht so weit vorgerückt, wie jetzt ziemlich allgemein statuirt wird. Es ist nicht angenehm, zu einem Rückschritt drängen zu müssen, ohne einen äquivalenten Fortschritt bieten zu können, noch dazu einem so eminenten Forscher wie Helmholtz gegenüber, dessen Spuren folgen zu können mir, wie wohl jedem Physiologen, zum grössten Vergnügen gereicht; jedoch da es viel schwerer ist, sich von einem eingewurzelten Irrthum zu befreien, wie einen directen Fortschritt zu machen, halte ich es für eine Pflicht, meine Ueberzeugung nicht zu verschweigen.

Meine Ueberzeugung ist nun, dass durch die, sich „mehr und mehr bestätigende“ Hypothese, es seien die Cortischen Bogenfasern das für die Tonwahrnehmung abgestimmte Organ des Labyrinthes, unser Verständniss und die Erforschung des inneren Ohres auf eine falsche Bahn gerathen ist.

Ich behaupte zunächst, dass die Cortischen Bogenfasern nicht die bedeutsame Rolle für die Tonwahrnehmung spielen können, welche ihnen durch die Hypothese von Helmholtz zuertheilt worden ist. Die betreffende Stelle lautet: [1])

Welche Theile im Ohre es nun sind, die bei den einzelnen Tönen mitschwingen, lässt sich allerdings nicht mit Sicherheit nachweisen. Die Hörsteinchen, in einer schleimigen Flüssigkeit suspendirt, sind wohl kaum eigentlich regelmässiger Schwingungen fähig, sondern eher geeignet, einzelnen Stössen nachzugeben und diese auf die Nerven zu übertragen. Dasselbe gilt wohl noch, wenn auch in geringerem Grade, von den Härchen in den Ampullen, da Körperchen von so geringer Masse in ihrer Bewegung nicht lange beharren können. Nach ihrer ganzen Construction erscheinen vielmehr die auf der Schneckenscheidewand gelagerten Cortischen Fasern am ehesten geeignet, selbständige Schwingungen auszuführen. Die Fähigkeit, lange Zeit ohne Unterstützung fortzuschwingen, brauchen wir ja auch nicht von ihnen zu verlangen. Es hat wohl eine wichtige Bedeutung für das Gehör, dass wir so verschiedenartige Endapparate an den Nerven finden. Elastische Gebilde mit starker Dämpfung werden durch kurz vorübergehende Stösse und Strömungen des Labyrinthwassers verhältnissmässig stärker affizirt werden, als durch musikalische Töne. Sie werden also namentlich der Wahrnehmung schnell vorübergehender unregelmässiger Erschütterungen, also der Empfindung der Geräusche dienen können. Dagegen werden schwächer gedämpfte, elastische Körper durch einen musikalischen Ton von entsprechender Höhe viel stärker erregt werden, als von einzelnen Stössen. Unser Ohr ist beider Leistungen fähig und wir dürfen wohl vermuthen, dass dies auf der Existenz der verschiedenen Endorgane beruht, dass also die Nervenendausbreitung im Vorhofe und den Ampullen für die Wahrnehmung der Geräusche, die Cortischen Fasern für die musikalischen Töne dienen. Dann müssen wir auch weiter annehmen(!), dass die Stimmung der letzteren verschieden sei und einer regelmässigen Stufenfolge durch die musikalische Skala hindurch entspreche. Nach Kölliker sind etwa 3000 Cortische Fasern in der menschlichen Schnecke enthalten. Nehmen wir 200 auf die ausserhalb der in der Musik gebrauchten Grenzen liegenden Töne, deren Tonhöhe nur unvollkommen aufgefasst wird, so bleiben 2800 für die sieben Octaven der musikalischen Instrumente, d. h. 400 für jede Octave, $33\frac{1}{3}$ für jeden halben Ton, jedenfalls genug, um die Unterscheidung kleiner Theile eines halben Tones, so weit eine solche möglich ist, zu erklären. Nach E. H. Weber's Untersuchungen können geübte Musiker noch einen Unterschied der Tonhöhe wahrnehmen, welcher dem Schwingungsverhältnisse 1000 zu 1001 entspricht. Das wäre etwa $\frac{1}{64}$ eines halben Tones, eine noch kleinere Grösse, als dem genannten Abstande der Cortischen Fasern entspricht. Darin liegt aber kein Hinderniss für unsere Annahme. Denn wenn

1) Die Lehre von den Tonempfindungen. S. 218.

ein Ton angegeben wird, dessen Höhe zwischen der von zwei benachbarten Cortischen Fasern liegt, so wird er beide in Mitschwingung versetzen, diejenigen aber stärker, deren eigenem Tone er näher liegt. Es wird also schliesslich nur abhängen von der Feinheit, mit welcher die Erregungsstärke der beiden entsprechenden Nervenfasern verglichen werden kann, wie kleine Abstufungen der Tonhöhe in dem Intervalle zweier Fasern wir noch werden unterscheiden können. Eben daher erklärt es sich, dass bei continuirlich steigender Höhe des äusseren Tones auch unsere Empfindung sich continuirlich verändert nnd nicht stufenweise springt, wie es der Fall sein müsste, wenn immer nur je eine Cortische Faser in Mitschwingung versetzt würde.

In diesem Passus ist das Wesentliche von dem enthalten, was ich für nicht richtig halte Die Hypothese von Helmholtz ist ausserdem noch von Fick [1]) in eingehender und klarer Weise ausgebaut worden, worauf ich zurückkommen werde.

Die Cortischen Fasern sind eine hervorragend eigenthümliche Bildung der Säugethierschnecke, daher ward diese Bildung von den Histiologen früher allgemein als dasjenige Organ den Physiologen entgegengehalten, an welches die Akustik der Schnecke anzuknüpfen habe; dass nun Helmholtz versucht hat, sich an dasselbe zu halten, ist ebenso natürlich, wie dankenswerth, aber wenn einmal die physiologische Betrachtung sich auf die Morphologie stützt, ist sie in diesem Falle auch abhängig von den morphologischen Befunden geworden, sie kann keine „Annahme“ mehr machen, sondern hat zu prüfen, ob die wirklichen Befunde übereinstimmend sind mit den Postulaten, welche sie stellen muss.

Wie stimmt nun die wahre Beschaffenheit des Cortischen Bogens mit dem physiologischen Postulat? Sehen wir uns, sagt Fick l. c. S. 163, im Labyrinthe um, so können wir keinen Augenblick zweifelhaft sein, dass das Cortische Organ in der Schnecke der Apparat ist, welchen wir suchen. Es besteht, wie wir in der anatomischen Beschreibung (siehe S. 122) gesehen haben, aus einer grossen Anzahl regelmässig geordneter gespannter elastischer Bogen, in deren Bereich die Enden der Gehörnervenfasern ausgebreitet sind. S. 165 bezeichnet Fick den Bogen noch als einen steifen, doch finde ich keine Motivirung aller dieser Eigenschaften.

Ob die Bögen gespannt sind oder nicht, darüber liegen keine Daten vor, keine Einrichtung ist bekannt geworden, welche eine solche noch dazu dauernde Spannung vermitteln könnte. Wenn die Fasern elastisch wären, würde zu erwarten sein, dass sie gebogen stets die frühere Gestalt wieder annehmen. Dies ist nicht der Fall. Es herrscht keine Einigkeit darüber, ob und wie die Fasern gebogen sind, weil die Untersucher auf die mannichfachsten Biegungen stossen, und man kann finden, dass die, der frischen Schnecke entnommenen und ohne Zusatz zerzupften Bögen die mannichfaltigsten und hochgradigsten Verbiegungen zeigen. Dies spricht gegen die Vollkommenheit der Elastizität. Die Grösse der Elastizität zu bestimmen ist bei so feinen Gebilden eine missliche Sache. Ich finde, dass ein feiner Glasfaden, von neuem über sehr kleiner Flamme ausgezogen, Fäden

1) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Jahrgang 64, Heft 2, S. 163 u. f.

von so grosser Beweglichkeit giebt, dass ein Faden aus Canadabalsam, ein Spinnewebsfaden nicht biegsamer ist als ein solches Glasfädchen. Ob die Substanz, aus der jener Faden besteht, eine starre ist oder nicht, lässt sich nur noch durch die Brüchigkeit beim Druck mit der Nadel unterscheiden, das Glas wird zerbrochen, der Spinnewebsfaden zerquetscht. Solche von mir gemessene Glasfäden waren immer noch viermal so dick wie eine Cortische Faser, letztere wird beim Druck zerquetscht. Ich glaube daher berechtigt zu sein, die Starrheit der Cortischen Fasern sowohl als völlig unerwiesen, wie auch als unwahrscheinlich zu bezeichnen. So feine Gebilde müssen, wenn nur ihr Bau continuirlich ist, unter allen Umständen äusserst biegsam sein.

Bilden nun die Cortischen Fasern eine regelmässige Reihenfolge durch die musikalische Skala hindurch? Meine Angaben [1]) stehen dieser Annahme noch am nächsten, da ich eine Abnahme in der Höhe der Bögen bis zur Hälfte und der Spannweite bis auf $^1/_4$ constatirte, jedoch wird mir u. A. von Middendorp [2]) und Kölliker [3]) widersprochen. Um so entschiedener kann ich behaupten, dass diese Formänderung nicht dem physiologischen Postulat entspricht, die Eigenschwingung müsste zunehmen von 32 bis 32,000 Schwingungen pr. Secunde, eine entsprechende morphologische Veränderung findet sich nicht auch nur annähernd. Selbst wenn man geltend machen wollte, dass durch das veränderte Medium und die mikroskopische Kleinheit die Umstände so geändert seien, dass ein Rückschluss von grösseren in der Luft schwingenden Stäben auf diese Gebilde nicht zulässig sei, darf ich meine negirende Behauptung aufrecht erhalten. Ich habe von Krebsen, z. B. vom Hummer, die Endapparate des Gehörorgans, welche mikroskopisch klein sind und im Wasser liegen, beobachtet [4]); hier sind aber die Grössenverhältnisse in so überaus schlagender Weise abgestuft, sich allmählig durch hunderte von Härchen, vom relativ colossalen bis zu ganz kleinen Gebilden verringernd, Gebilde, welche an Länge, Dicke und Volumen viele Male in die grösseren Härchen aufgehen. Ich kann nun versichern, dass eine entsprechende Grössenabnahme der Cortischen Fasern sich durchaus nicht findet; selbst wenn die Skala des Hummers um das doppelte weiter reichte, wie die unsere, was doch nicht wahrscheinlich ist, würde eine entsprechende Differenz der Fasern sich nicht constatiren lassen. Die geringe Grössenabnahme kann ihren Grund in vielem anderen finden, dem physiologischen Postulat genügt sie nicht.

Es wird ferner für die Fasern eine möglichst geringe Dämpfung zu fordern sein, da die Endolymphe ohnehin schon stark dämpfend wirken muss und bei zu starker Dämpfung die einzelnen Theile mit einer zu grossen Reihe von Tönen mitschwingen würden. Wie eigentlich die Schwingung zu denken ist, finde ich nirgends klar ausgesprochen, schwingt der ganze Bogen, schwingt die eine oder andere Faser primär? sind es longitudinale, sind

1) Zur Morphologie der Schnecke. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. Bd. XIII, S. 498.

2) Het vliezig Slakkenhuis. Gröningen, 67. S. 70.

3) Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl. S. 722.

4) Studien über das Gehörorgan der Decapoden. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XIII.

es transversale Schwingungen? Denkt man sich den ganzen Bogen als das schwingende Glied, so würden wohl die Longitudinalschwingungen in den Vordergrund zu treten habe, da ein Effekt, nach der Lage der Nervenenden zu schliessen, doch nur durch Hebung und Senkung des Bogens bewirkt werden kann. Auf alle Fälle wirkt ein Umstand bei dieser Annahme sehr erschwerend. Das Cortische Organ ist so gebaut, dass ein einzelner Bogen für sich nicht scheint schwingen zu können, sondern die Nachbarbögen mit fortreissen muss, es kommen ja auf je 3 innere 2 äussere Fasern und die oberen Enden der Fasern sind unter sich und mit der Membrana reticularis so eng verwachsen und verklebt, dass man an frischen Präparaten oft grosse Mühe hat isolirte Bögen oder Bogenfasern zu erhalten. Die Faser lässt sich oft eher zerreissen als isoliren und es ist eine durchaus feststehende Thatsache, dass man bei der Untersuchung der Schnecke vorwiegend Reihen aneinander hängender Bögen erhält. Ein so fester Zusammenhang muss eine sehr starke Dämpfung bewirken, um so mehr, da der einzelne Bogen je stärker er schwingt, desto mehr Nachbarbögen mit sich aufheben muss. Dadurch wird sogar seine Eigenschwingung veränderlich, eine genaue Stimmung des Apparates unmöglich, denn ein Bogen, welcher zwei Nachbarbögen mit zu bewegen hat, wird bei einem höheren Ton schwingen als wenn derselbe Bogen vier Nachbarbögen mit bewegen muss.

Eine Longitudinalschwingung dieser Gebilde könnte zwar den letzteren Einwand wegfällig machen, aber sie ist an sich nicht wahrscheinlich, denn die Excursionen würden so enorm klein sein müssen, dass ein mechanischer Effect nicht erzielt werden könnte, und die postulirte Langsamkeit der Eigenschwingung, d. h. die Abstimmung, kann noch weniger mit der Kleinheit dieser Gebilde in Uebereinstimmung gebracht werden, wie dies bei der Annahme von Transversalschwingungen der Fall ist. Ohnehin lässt sich bis jetzt noch durchaus nicht verstehen, wie diese Gebilde durch Tonübertragung in Longitudinalschwingungen gebracht werden können.

Wahrscheinlicher dagegen scheint die Annahme, dass je die eine Cortische Faser in Transversalschwingungen gerathe. Die inneren Fasern liegen freilich so dicht aneinander, ihre verdünnte Strecke ist so kurz und sie sind ausserdem auf der einen Seite so mit Zellen belastet, dass diese nicht wohl in Betracht kommen können. Die äusseren Fasern sind jedoch länger und dünner und liegen so weit bekannt in ihrem Mittelpunkt genügend frei, um unbehindert schwingen zu können. In der That scheint in dieser Richtung die Meinung zu gehen, wenigstens ist mir nur so die nachfolgende Aeusserung von Fick (bc. S. 165) einigermassen verständlich. Sie lautet: Ein Cortischer Bogen wird bei seiner Kleinheit und Steifheit überhaupt wohl gar nicht in Abtheilungen getheilt schwingen können, sondern nur als Ganzes. Jeder wird also nur eines Tones fähig sein. Man hat sich nun zu denken, dass jeder Cortische Bogen auf einen anderen Ton abgestimmt ist. Erklingt jetzt irgend ein Klang und setzt das Schneckenwasser in periodische Bewegung, so werden alle diejenigen Cortischen Bogen in Vibrationen gerathen, welche auf die Partialtöne des Klanges gestimmt sind, und werden auf die unter ihnen gelegenen Nervenenden hämmern, so dass diese mechanisch tetenisirt werden.

Wenn nämlich die innere Faser lose stände, könnte sie in der That bei Schwingungen der äusseren Faser auf die Membrana basilaris in der Nähe des Nerveneintritts klopfen, etwa wie der Knopf oder Querstab auf einem schwingenden Stabe gegen die Wand anschlagen kann. Wenn aber diese Annahme der transversal schwingenden äusseren Faser nicht gemacht wird, verstehe ich den von Fick angenommenen Mechanismus nicht, da er unmöglich den ganzen Bogen für ein der Membrana basilaris lose aufliegendes Gebilde ansehen kann. Es sitzen jedoch auch die inneren Fasern so fest, dass der so eben geschilderte Mechanismus nicht stattfinden kann.

Das Eine muss jedoch zugegeben werden, dass die äussere Bogenfaser transversal schwingen kann, es fragt sich nur, ob der dabei zu erzielende physiologische Effect der Hypothese Genüge leistet.[1]) Da die Faser mit ihrem Mittelstück freiliegt, kann sie durch die Bewegung ihrer Mitte nicht auf Nerven wirken, wohl aber, wenn sie dabei die Lamina reticularis, welche von ihr getragen wird, auf- und abbewegt. In dieser sitzen die Stäbchentragenden Nervenenden, auf welchen, wenn man meinen Angaben Zutrauen schenken will, die Membrana Corti ruht. Also würden in der That bei den Schwingungen der äusseren Faser die Endapparate der Nerven gegen eine Membran, die M. Corti, anhämmern müssen.

Bei dieser Annahme entsteht jedoch ein Dilemma, welches die Verwerthung der äusseren Faser als primär schwingendes Organ verhindert. Die Faser wird als gespannte Saite gedacht, deren Fixationspunkt einerseits an der Membr. basilaris, andererseits in der Firste des Bogens liegt. Ebenso

1) Die Zahl 3000, welche Helmholtz nach Kölliker für die Cortischen Bogen angiebt, passt nur für die äusseren Fasern. Ich kann nur eine Angabe und zwar in Köllikers Mikroskop. Anatomie, Bd. II, 3. Hälfte, S. 762 finden, wo er 5000 Fasern angiebt. Dies sind jedoch offenbar die inneren Bogenfasern und da 3 von diesen auf 2 äussere kommen, ergiebt sich ungefähr die Zahl von Helmholtz.

Die dicht aneinander liegenden Köpfe der inneren Fasern messen nach Kölliker 5,4 Mil. Die Länge der Lamina spiralis beträgt nach Corti 41 Mm., ich fand sie nach Messungen nahe am inneren Rande der Membr. basilaris (über dem Vas spirale interuum) 33,5 Mm. und vermuthe daher, dass Corti an der äusseren Peripherie gemessen hat, welche für unsere Frage weniger in Betracht kommt. Demnach hätten wir 6200 innere und 4100 äussere Fasern. Nun sind entsprechend jeder inneren Faser 4 Nervenendzellen vorhanden, also 24,800 Nervenenden in der Schnecke. Will man aus der Anzahl der marklosen Nerven, welche in den häutigen Schneckenkanal eintreten, Schlüsse machen, so wird die Zahl noch grösser, denn vor jeder zweiten inneren Faser treten mindestens 10—20 Nerven ein. Ich halte es jedoch nicht für richtig, aus der Zahl der Nerven oder auch nur aus der Zahl der Endorgane auf die Zahl der abgestimmten, primär in Schwingung versetzten Theile einen Schluss zu machen. Ein Theil der Nerven könnte sehr wohl verwandt sein, um schon innerhalb des Schneckenkanals Klänge zu einer Empfindung zu combiniren, wie etwas Aehnliches von der viel nervenreicheren und complicirteren Retina angenommen werden muss. Dasselbe gilt für die Endapparate, denn ein Theil derselben könnte z. B. als Messapparat für die Schwingungsintensität dienen, in der Art, dass die erste (äusserste) Stäbchenzelle eines Bogens bei leisester, die 2. bei stärkerer, die 3. und 4. erst bei stärkster Bewegung erschüttert würde. In keinem aller bisher genannten Theile erwarte ich selbst den abgestimmten Apparat, sondern eher in den wie Saiten eines Fortepianos angeordneten Fäden, welche in der Membrana basilaris liegen. Es bedarf jedoch der experimentellen Forschung, um zu erfahren, wie weit die umhüllende Masse solche Fäden, wenn sie in Flüssigkeit schwingen sollen, beeinträchtigt oder behindert.

wenig wie eine gespannte Saite regelmässig schwingen kann, welche durch und bei ihren Schwingungen den Wirbel in Bewegung setzt, der ihr die Spannung ertheilt, ebenso wenig kann dies die äussere Faser thun — und doch müssen wir dies von ihr verlangen, wenn wir die Schwingungsfähigkeit physiologisch verwerthen wollen, wenn also ihr Kopf sich heben und senken soll.

Es bleibt als letzte Möglichkeit die Transversalschwingung des ganzen Bogens mit Verschiebung seiner Firste parallel seiner Ebene, also in der Quere des Schneckencanals. Beispiele und Versuche über einen so eigenthümlichen Schwingungsapparat liegen nicht vor, aber hier wie in allen Fällen ist die Verwachsung und Verklebung der Bogenköpfe eine nicht zu überwindende Schwierigkeit.

Gegen die Bedeutsamkeit der Cortischen Bogen sind endlich noch zwei schwerwiegende Gründe mehr allgemeiner Natur vorzuführen.

Erstens; es steht nach den von Hasse [1]) im hiesigen Institut über die Schnecke der Vögel gemachten Untersuchungen vollständig fest, dass bereits bei diesen so musikalischen Thieren die Cortischen Bögen völlig fehlen, d. h. dass ihr Homologon als kaum noch aufzufindende kleine kurze Zellen zwischen den Nervenendzellen gelegen ist, ohne die geringste Spur eines Bogens oder sonst eines für die Hypothese des Mitschwingens verwerthbaren Apparates zu bilden. Dieser Befund ist für sich allein genügend, die Hypothese von den Leistungen des Cortischen Bogens zu vernichten.

Zweitens; diese Hypothese erschöpft so wenig die Eigenthümlichkeiten im Bau der Schnecke, dass sie allzu unbefriedigend ist. Die Lamina spiralis membranacea und neben ihr die Membrana Corti sind so eigenthümliche und typische Bildungen, dass dadurch, ja man kann sagen dadurch allein nachgewiesen werden konnte, wie auch noch die Vögel, Repetilien und Amphibien das Analogon der Schnecke besitzen. Diese Bildungen nun, deren Dasein nicht durch anatomische oder entwicklungsgeschichtliche Ursachen hat begründet werden können, werden weder erklärt noch **auch nur berührt** durch die Hypothese von den Cortischen Fasern. Auch dies scheint ein Zeichen zu sein, dass jene Hypothese ihr Ziel nicht trifft.

Ich bin der Ansicht, dass die angeführte Reihe von Gründen genügen muss, um uns vor der Hand nur an das Vortreffliche zu halten, was Helmholtz physikalisch bewiesen hat. Wir haben durch ihn ein Recht erhalten zu sagen, es müssen im Labyrinth abgestimmte, durch entsprechende Töne in Bewegung zu setzende Theile sein, sie müssen etwas gedämpft sein, damit sie nicht zu lange nachschwingen und damit gleichzeitig 2 oder 3 dieser Theile durch ein und denselben Ton in Schwingung gerathen können, wie dies die physiologische Leistung des Ohrs erfordert, und es müssen deren mindestens 3000 sein.

Dies sind Aussagen, die, fast ohne Hülfe der Anatomie gewonnen, wohl einen Grund abgeben können, auf diesen Theil der Physiologie stolz zu sein; eine Verknüpfung mit den anatomischen Thatsachen ist meines

1) Die Schnecke der Vögel, und: Nachträge zur Anatomie der Vogelschnecke. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. Bd. XVII.

Erachtens leider nicht in so genügender Weise zu erlangen, um als Errungenschaft der Wissenschaft angesehen werden zu können. Nur für denjenigen, der etwa weiter arbeiten will oder sich besonders für den Gegenstand interessirt, lassen sich einige Erwägungen hier anfügen.

Die Anatomen stimmen darin überein, dass von den drei Organen des Labyrinths die Schnecke am höchsten organisirt sei, die vergleichende Anatomie zeigt evident, dass dieselbe sich in der Wirbelthierreihe von Classe zu Classe höher entwickelt, wir sehen uns daher gezwungen ihr a priori eine hohe Leistung zu vindiciren. Die Physiologie ist bis jetzt dieser Forderung nicht entgegengekommen; abgesehen von der jetzt wohl ganz verlassenen Annahme, dass die Schnecke für das Hören mit dem Kopfknochen da sei, glaubt man jetzt, die Wahrnehmung der Töne und die Zergliederung des Klanges sei Function der Schnecke. Dies ist unverkennbar eine niedere Function, denn sie beruht auf Eigenschaften, die jeder gespannten Saite, jedem graden oder gebogenen elastischen Stabe, jedem Weinglase oder jeder Glocke zukommen, auf der Fähigkeit angestossen mit einer gewissen Geschwindigkeit hin und her zu pendeln. Eine Reihe abgestimmter Borsten, wie sie dem Anschein nach in den halbzirkelförmigen Kanälen sich finden, kann schon der Forderung genügen; die Saiten des Fortepianos thun factisch das gleiche. Es soll keineswegs gesagt sein, dass der Schnecke die Fähigkeit, in ihren einzelnen Theilen mitzuschwingen, abgehe, im Gegentheil ist es wohl wahrscheinlich, dass aus der Fähigkeit des Mitschwingens heraus sich ihre physiologische Thätigkeit aufbauen wird, aber die Function der Tonwahrnehmung ist eine so fundamentale, dass sie schon anfangen muss, wo überhaupt von einem Gehörorgan die Rede ist. [1])

1) Die Wahrnehmung von Erschütterungen rechne ich zu den einfachen Gefühlswahrnehmungen und glaube dies um so allgemeingültiger zu können, als es sich dabei meistens um Stösse handelt, welche die Tastorgane nebst Umgebung in solche Bewegung versetzen, welche dem Rhythmus der Eigenschwingung dieser Hauttheile nicht entsprechen. Dass durch anhaltend und regelmässig wiederkehrende Stösse am leichtesten eine Mitbewegung erzielt wird, leichter als durch einzelne oder nur ein paarmal sich wiederholende Stösse, ist an sich klar. Dass wirklich durch Töne gewisse Härchen niederer Wasserthiere in Schwingung versetzt werden, habe ich bei Gelegenheit einer Arbeit über das Gehörorgan der Decapoden gezeigt. Ich würde dessen jedoch keine Erwähnung thun, wenn nicht Rinne (Beitrag zur Physiologie des menschlichen Ohres, Zeitschrift für rationelle Medicin, 1865) sich ausführlich mit meinen Beobachtungen beschäftigt und gefunden hätte, dass die beobachteten Schwingungen den Anforderungen nicht entsprechen. Rinne ist in seinen Schlussfolgerungen entschieden weiter gegangen, als wie die Genauigkeit meines Experiments dies gestattete. Ich hatte ausdrücklich hervorgehoben, es solle nur der Nachweis geführt werden, dass die Haare durch einige Töne in Bewegung gesetzt werden, durch andere nicht. Dieser Nachweis ist geführt. Zu einer weitergehenden Bestimmung der Abstimmung des Haares war das Experiment durchaus nicht angethan; will man dies, so muss das Experiment öfter wiederholt werden, die Excursionen des Haares müssen gemessen, die Gleichheit der Tonesintensität gesichert sein, von alledem war in der betreffenden Beobachtung, die nur als kleine Zugabe der wesentlich anatomischen Abhandlung beigefügt war, nicht die Rede. Ich glaube daher nicht, dass Rinne richtig über den Versuch urtheilt. Ich füge hinzu, dass sicher keins dieser Haare starken Longitudinalschwingungen des Wassers sich wird ganz entziehen können, dazu ist der Druck im Wasser (s. auch unten, Versuch mit der Müller'schen Flasche) viel zu erheblich; bei richtig getroffenem Ton wird es dagegen die Amplitüde der Schwingung voll mitmachen, bei unrichtig getroffenem in sehr verkleinertem Maasse und nur soweit seine angespannte Elasticität nicht ausreichend ist, den es treffenden Partialstoss des Wassers zu überwinden.

Was sind es aber dann für Leistungen, wird man fragen, welche der Schnecke zugemuthet werden sollen? Im Allgemeinen lässt sich diese Frage recht wohl beantworten.

Es ist unzweifelhaft dargethan, namentlich durch die künstliche Zusammensetzung der Vokale, dass die Fähigkeit unseres Ohres, den Klang in seine Partialtöne zu zergliedern, beim Hören eine sehr bedeutsame Rolle spielt, dennoch scheint es mir, dass die Befähigung unseres Ohres sich nicht nach dieser Richtung hin zuspitzt. Es ist nämlich bis jetzt nicht nachweisbar gewesen, dass die musikalische Begabung für die praktische Verwendung des Gehörorgans Bedeutung erlangt, während es ohne eine solche nicht möglich ist, von den Partialtönen der Vokale irgend etwas ohne Hülfsmittel zu entdecken. Diese Begabung verräth sich nicht durch die leichtere Ueberwindung der schwierigeren Aufgaben, welche im gewöhnlichen Leben dem Ohre gestellt werden, nicht durch die gelungenere Nachahmung der Sprechweise Anderer nicht durch die leichtere Erlernung fremder Sprachen. Wenigstens ist mir nicht bekannt geworden, dass in dieser Richtung Behauptungen aufgestellt oder gültig befunden worden wären. Da nun nichts näher liegt, als bei solchen Aufgaben eine Bevorzugung des musikalischen Ohrs zu vermuthen, da dieselbe aber dennoch so unmerklich ist, dass sie durch die Complicationen, welche, sei es in der wechselnden absoluten Feinheit des Gehörorgans, sei es in der psychischen Begabung, sich einmischen, in dem Maasse verdeckt wird, dass kein Sprachlehrer, kein Redner sie constatirte, scheint der obige Ausspruch im Allgemeinen richtig zu sein. Ich möchte überhaupt glauben, dass die musikalische Begabung als eine accessorische Vervollkommnung des Centralorgans aufzufassen sei, dass dagegen der Endapparat der Hörnerven in weit geringerem Maasse variire wie jene Befähigung.

Die höhere Entwicklung unseres Gehörorgans scheint mir vielmehr in der Auffassung gewisser begleitender Charaktere, welche den Klangmassen anhaften, zu liegen. Mit wahrhaft wunderbarer Schärfe vermögen wir aus einer Masse von Klängen heraus, an einem Ausruf, dem Lachen, dem Husten u. s. w. den Ton einer uns genau bekannten Stimme zu erkennen, dasselbe können wir aus dem Geräusch des Trittes, der Bewegung thun und wir hören aus dem Ton der Sprache die Gemüthsstimmung der beachteten Person mit immerhin erheblicher Sicherheit heraus. Diese Fähigkeit unseres Ohres ist für unsere Tüchtigkeit gegenüber den täglichen Anforderungen von derselben Bedeutung, wie für das Leben in der Wildniss die Fähigkeit, die einzelnen in das Ohr hallenden Klänge und Geräusche richtig genug zu deuten, um dieselben, sei es in aggressivem, sei es in defensivem Sinne verwerthen zu können. Dabei zeigt sich, dass dieselbe Person, welche nicht ansteht, das Ohr durch Missklänge zu verletzen und verwundert ist, wenn man sich darüber beklagt, die vielleicht nicht unterscheidet, ob mehr oder weniger Töne in einen Accord eingetreten sind, bei einem jener als „Blindekuh“ bezeichneten Spiele, mit relativer Sicherheit nach einem einzelnen, selbst mit verstellter Stimme gesprochenen Wort den Urheber desselben zu erkennen weiss.

Es wird in das Ohr eine Masse von continuirlichen und discontinuirlichen Wellen geworfen, deren Gefüge und Relation schon von früher her gründlich bekannt ist, es sind hier gewisse accessorische Theile, so zu sagen Rauhigkeiten und Glätten, Lücken und Vorsprünge, Verdichtungen und Ver-

dünnungen der sich im Ohre verbreitenden Bewegung, welche dieses näher zu ergründen hat.

Aehnlich ist es beim Auge. Der Jäger z. B. soll und kann ersehen aus dem Fluge, welchen Vogel er vor sich hat. aus der Bewegung des Laubes, ob ein Thier dieselbe hervorbrachte, er unterscheidet, ob etwa unter Erdschollen sich die weicheren Formen eines ruhenden Thieres verbergen u. s. w. Kleine, dem genau bekannten Gesammtbilde anhängende Eigenthümlichkeiten sind es, welche hier das Urtheil begründen, nicht unmittelbar die Contouren oder der Farbenton, oder die Relation der vom Bilde bedeckten Stäbchen auf der Netzhaut.

Es liegt auf der Hand, dass für solche Leistungen eine entsprechende Entwicklung der Gehirntheile nöthig ist, und in der That bewahrheitet die anatomische Untersuchung, dass bei entwickeltem Geruchsorgan der Bulbus olfactorius und bei niederen Thieren mit der Entwicklung des Auges das Ganglion opticum bedeutend an Masse zunimmt. In erster Instanz hängt die höhere Leistung des Organs jedoch von der Entwicklung der Nervenendorgane selbst ab und was die Schnecke anlangt, kann wohl gesagt werden, dass denjenigen Thieren (den Fischen, Amphibien), bei welchen sie fehlt oder rudimentär ist, grade die oben geschilderte Fähigkeit des Gehörorgans nichts nützen könnte, weil die Intelligenz zu ihrer Verwerthung fehlt.

Man würde den Einwurf erheben können, dass bei keinem Thier auch nur annähernd das Gehörorgan eine so ausgedehnte Verwendung finde wie beim Menschen, dennoch sei das Gehörorgan desselben nicht merklich feiner gebaut wie dasjenige vieler Säugethiere. Jedoch ist diesem Einwurf entgegenzustellen, dass für die Erhaltung im Lebenskampf die Schlussfolgerungen aus dem Gehörten bei manchen Säugethieren eine nicht weniger wichtige Rolle spielen dürfte als beim Menschen.

Uebrigens haben die in Rede stehenden Einwürfe für unseren Gegenstand deshalb wenig Bedeutung, weil sie mit mindestens ebensoviel Recht gegen die Annahme, dass die Zergliederung des Klanges nur den höchst organisirten Theilen des Gehörorgans zukomme, geltend gemacht werden können. Die richtige Auffassung der Sprache und im speciellen der Vokale hängt im höchsten Maasse von unserer Gehirnthätigkeit ab. Beim Hören unserer Muttersprache zergliedern wir keineswegs Laut für Laut, sondern die Worte sind uns so vollständig gegenwärtig, dass wir nur gewisse Charaktere einer Wortfolge beachten und aus ihnen, sei es im voraus, sei es nachträglich mit grosser Sicherheit den Satz bilden, so dass es fast gleichgültig ist, ob manche seiner Theile gesprochen würden oder nicht, nur dass im letzteren Falle die Pause uns auffällig wird. (Aehnlich machen wir es bekanntlich beim Lesen.)

Wie wenig erheblich es ist, ob a statt e, u statt ü u. s. w. gesprochen wird, kann man in den verschiedenen Dialekten unserer Muttersprache wahrnehmen, es fällt die Verwechslung dieser Vokale dem Ohre die ersten Male auf; hat man sich jedoch durch häufigeres Hören daran gewöhnt, so stören verschiedene, durcheinanderlaufende Dialekte sehr wenig.

Am besten prüft man sein Gehör, wenn man eine bekannte aber ungewohnte fremde Sprache sprechen hört. Bei nicht sehr deutlicher Aussprache hat man die grösste Mühe die Vokale richtig zu erkennen, und meistens

gelingt dies erst dann, wenn das ganze betreffende Wort errathen worden ist, was zuerst nicht augenblicklich, sondern erst einige Zeit, nachdem es gehört ward, geschieht. Aus diesem Grunde wird durch eine langsame Sprache das Verständniss so sehr erleichtert. Sobald die Worte der neuen Sprache unserem Gedächtniss genügend geläufig sind, hört diese Schwierigkeit auf, wir verstehen fortan mit Leichtigkeit da, wo früher selbst die angestrengteste Aufmerksamkeit unseres Ohrs den Dienst versagte. Allerdings kann ich hier nur von meinem mittelmässig musikalischen Ohr reden, es ist möglich, dass Anderen es anders ergeht.

Es ist zur Zeit unmöglich, diejenigen Charaktere der Schallmasse, welche wir als leitende für unser Urtheil benutzen, näher anzugeben, da sie der verschiedensten Natur sind; demzufolge möchte ich ihre Wahrnehmung auch weniger, wie es vielleicht den Anschein hat, der Schnecke allein vindiciren, ich glaube im Gegentheil, dass alle Theile des Labyrinths mehr oder weniger bei der Wahrnehmung der gesammten Tonmasse betheiligt sein werden und in ähnlicher Weise an der Wahrnehmung der Nüancirungen theilnehmen, wenn auch vielleicht die Schnecke am brauchbarsten dazu gebildet sein mag. Es würde verkehrt sein, nach dem bis jetzt vorhandenen Material localisiren zu wollen, im Gegentheil möchte ich behufs Förderung dieser Frage unsere vollständige Unsicherheit scharf betonen.

Die einzige exact beweisbare Thatsache, die ich in dieser Richtung vorzubringen weiss, ist die von mir früher gemachte Beobachtung, dass bei Krebsen sowohl die Hörhaare, welche Otolithen tragen, als auch diejenigen oft besonders ausgezeichneten Hörhaare, welche frei von jeglicher Belastung sind, in ihren Dimensionen regelmässige Abnahme zeigen, in der Art, dass sie etwa wie die Pfeifen einer Orgel neben einander stehen. Dies beweist mir überzeugend, dass die Eigenschaft, den Klang zu zerlegen, sowohl dem Otolithenapparat, als auch den freistehenden Härchen, die ich mit den Härchen der Ampullen vergleichen möchte, zukommt, woraus zu schliessen wäre, dass diese Eigenschaft auch in unserem Ohre jenen beiden, wahrscheinlicher allen drei Apparaten zukomme.

In der Arbeit von Schmidekam konnten die neuen Untersuchungen von Helmholtz über „die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells“[1]) nicht mehr berücksichtigt werden, daher darf ich hier einige Punkte im Voraus besprechen. Helmholtz schliesst sich der Ansicht von Ed. Weber an, dass die Gehörknöchelchen und das Felsenbein bei der Leitung der Schallschwingungen als feste incompressible Körper, das Labyrinthwasser als incompressible Flüssigkeit zu betrachten sind. Ich habe herzlich gewünscht, mich von der Richtigkeit seiner Ansicht überzeugen zu können, da ich ihm gerne folge, sehr ungerne opponire und wohl weiss, dass Niemand so wie er das akustische Gebiet beherrscht. Es ist mir jedoch unmöglich gewesen, mit seiner Darlegung mich zu befreunden und daher bleibt mir nichts übrig, als mein Bedenken auszusprechen, sei es um eine überzeugendere Erklärung hervorzurufen, sei es um die vorhandenen Schwierigkeiten weiterer Verfolgung anheimzustellen.

---

1) Pflügers Archiv f. Physiologie, Bd. I.

Ich halte nun 1) die Annahme von Weber für noch nicht erschöpfend bewiesen; 2) stösst dieselbe auf zu grosse Schwierigkeiten in Bezug auf den Bau des Labyrinthes, als dass nicht versucht werden sollte den Consequenzen jener Annahme auszuweichen.

1) Helmholtz beweisst uns, dass der „Unterschied in der Verschiebung zweier oscillirender Theilchen, deren Entfernung verschwindend klein gegen die Wellenlänge ist, selbst verschwindend klein ist gegen die ganze Amplitüde der Verschiebung", und ferner „in festen elastischen Körpern, bei denen entweder sämmtliche lineare Dimensionen im Vergleich zur Wellenlänge nicht verschwindend klein sind, oder wenigstens keine von ihnen verschwindend klein gegen die übrigen ist, bringen Schwingungen eines einfachen Tones, deren Amplitüde unendlich klein ist, verglichen mit der Wellenlänge der gleichen Art von Schwingungen in unendlich ausgedehnten Massen, für zwei Punkte des elastischen Körpers, deren Entfernung von einander selbst wieder verschwindend klein gegen dieselbe Wellenlänge ist, relative Verschiebungen hervor, welche verschwindend klein gegen die ganze Amplitüde der Schwingungen sind."

Diese Sätze sind gewiss nicht anzufechten, es wird durch dieselben also nicht das Vorhandensein von Longitudinal-Schwingungen im Labyrinthwasser und in den Knochen negirt, sondern nur bewiesen, dass die dabei eintretenden relativen Verschiebungen der Moleküle keinen physiologischen Effect haben können. Jedoch eine Ausnahme muss hier gemacht werden, die obige Regel bezieht sich „nur auf solche Körper, an denen keine ihrer linearen Dimensionen gegen die übrigen verschwindend klein ist, also nicht auf Fäden, Membranen, Stäbe und Platten. Unter den Bestandtheilen des Gehörorgans ist es nur das Trommelfell, welches unter diese Ausnahme fällt." Ich kann hier einen Einwand nicht unterlassen, obgleich ich demselben zur Zeit geringe Bedeutung beilege; in den häutigen Halbcirkelkanälen überwiegt die Längsdimension alle anderen Durchmesser sehr erheblich und wenn man annimmt, dass der Ton durch die Skalen der Schnecke verlaufe, findet sich hier eine Länge von 60 Mm. gegen einen streckenweise sehr geringen Querschnitt, auch der häutige Schneckenkanal ist sehr lang im Verhältniss zu seinem Querschnitt; es scheint mir daher die Möglichkeit vorhanden, dass auch diese Bildungen unter jene Ausnahme fallen könnten.

Der Satz, auf den es schliesslich wesentlich ankommt, ist folgender: „Eine incompressible Flüssigkeit, von festen Wänden eingeschlossen, unterscheidet sich von einer compressiblen ebenfalls dadurch, dass jeder Anstoss, der einen Theil ihrer Oberfläche trifft, sich sogleich durch die ganze Flüssigkeit verbreitet, und jeden Theil derselben augenblicklich in Bewegung setzt; während in einer compressiblen Flüssigkeit von dem Orte der Einwirkung eine Welle ausgeht, die mit einer gewissen Geschwindigkeit abläuft und nacheinander die verschiedenen Theile der Flüssigkeit in Bewegung setzt. Wenn also wie beim Labyrinthwasser die Dimensionen der ganzen Masse verschwindend klein gegen die Wellenlänge sind, und die Wände des Felsenbeins, die es einschliessen, so fest, dass sie den hier in Betracht kommenden geringen Druckkräften gegenüber als absolut fest betrachtet werden dürfen, so geschieht die Ausbreitung der Wirkung durch die ganze Masse so gut wie augenblicklich, und das Labyrinthwasser bewegt sich dann unter dem

Einfluss der Schallschwingungen nicht merklich anders als sich eine absolut incompressible und daher der Schallschwingungen unfähige Flüssigkeit unter denselben Verhältnissen bewegen würde".

In diesen Worten findet sich der Punkt, wo meines Erachtens der Beweis für die Weber'sche Theorie noch nicht vollständig geführt ist, und ich erlaube mir daher meine Bedenken darzulegen. Sind die Wände des Labyrinths wirklich so fest, dass sie dem Druck des Wassers (Steigbügels) nicht ganz oder doch zur Hälfte nachgeben können? Was wird von ihnen verlangt? Helmholtz fand den Durchmesser der Fenestra ovalis zu 3 und 1,2 Mm.; berechnen wir die Fläche als Ellipse, so erhalten wir eine Oberfläche der Steigbügelplatte von 2,826 □ Mm., welche nach der citirten Untersuchung in Maximo 0,0726 Mm. in das Labyrinth vorgedrückt werden kann; der dadurch fortgenommene Raum im Labyrinth beträgt demnach 0,20517 Cub.-Mm.

Die halbcirkelförmigen Kanäle haben, an einem Ausgusspräparat von Claudius gemessen, alle mehr wie 3 Mm. Umfang, abgesehen von der Ampulle, ihre Länge beträgt 20. 15 und 19 Mm., dies ergiebt eine Oberfläche von 60 + 45 + 57 = 162 □ Mm. Der Schneckenkanal hat Durchmesser, welche von $2^1/_2$ bis etwas unter $1^1/_2$ Mm. variiren, und eine Länge von 30 Mm. mindestens. Nehmen wir ihren Querschnitt als kreisrund ihren Durchmesser zu $1^1/_2$ Mm. an, was gewiss ungünstig gerechnet ist, so erhalten wir für sie eine Oberfläche von 1;5 . 3,14 . 30 = 144 □ Mm.; veranschlagen wir endlich das Vestibulum nebst Ampullen-Erweiterung zu 57 □ Mm., so erhalten wir eine Knochenoberfläche von 360 □ Mm. Diese dividirt in 0,20517 giebt 0,00057. Es genügt demnach vollständig, wenn die Knochenwände um 0,0006 Mm. ausweichen, wahrscheinlich kann aber schon durch die Hälfte dieses Werthes den Anforderungen nachgekommen werden.

Bedenkt man nun einerseits, dass nach hydrostatischem Gesetz der Druck des Steigbügels überall auf die Wände mit voller Kraft wirkt, so lange noch keine Bewegung erfolgt ist, und andererseits, dass an den Ostien der Kanäle die Excursionen des Wassers bedeutend vergrössert werden müssen, wenn jeder Theil der Wandungen des Kanals etwas nachgiebt, so darf man, glaube ich, die Frage nach der absoluten Festigkeit der Wandungen des Labyrinthes noch nicht für ausreichend erledigt halten. Sehr geringe Ausweichungen können bekanntlich selbst an sehr festen Massen durch relativ geringe Druckkräfte erzielt werden [1]) und andererseits wird bei einem sehr geringen Nachgeben der Knochenwand doch an den Ostien

---

1) Beispielsweise sei erwähnt, dass man, wie ich mich überzeugte, eine plane 1 Zoll dicke, 6 Zoll im Durchmesser haltende und auf einem eisernen Teller allseitig aufliegende Glasscheibe bei einfachem Druck mit dem Finger eine sehr merkliche, scheinbar mehr als 2 Mm. betragende Durchbiegung beobachten kann, wenn man mit einem ca. 22000mal vergrössernden Spiegelfühlhebel untersucht; die Glasschleiferei leidet, so viel ich weiss, darunter, dass der Druck, welcher bei so starken Vergrösserungen zur Bewegung der Fühlhebel nöthig wird, eine kleine Compression des Glases hervorbringt und deshalb ungenaue Messungen giebt. Der Knochen nun, der allerdings im Ohre mancher Säugethiere selbst frisch sehr hart (doch immer mit dem Messer schneidbar) ist, ist dünner und gewiss weit nachgiebiger wie solche Glasmasse, so dass ich glaube annehmen zu dürfen, dass kleine Verschiebungen unschwer eintreten werden.

der Kanäle eine relativ bedeutende Amplitüde der Wasserbewegung eintreten müssen.

Es kann keineswegs behauptet werden, dass die Festigkeit der Wände des Labyrinths eine Bedingung für den Bau des Gehörapparates sei; bei Fledermäusen und Meerschweinchen ist die Wand der Schnecke so dünn, dass sie völlig durchscheinend ist und wenn man mit dem allerdings sehr zarten Steigbügel auf sie drückt, macht es den Eindruck — Messungen kann ich nicht beibringen — als wenn sie diesem Druck etwas nachgäbe.

Uebrigens liegt noch die Frage gar nicht so, dass es sich darum handelt, ob die Theile dem Druck überhaupt nachgeben können, sondern ob sie dies unter den gegebenen Verhältnissen thun werden, ob also die Perilymphe, wo sie eine Flüssigkeit ist, [1]) leichter sich mit der gehörigen Geschwindigkeit bis zum runden Fenster, wo dies vorhanden ist, [2]) verschieben, oder leichter den Knochen entsprechend ausdehnen kann.

Aber auch so gestellt, bin ich nicht im Stande mich der Ansicht von Helmholtz zur Zeit anzuschliessen, sondern es scheinen mir folgende Gründe zu Gunsten der Fortpflanzung des Schalls in und durch den Knochen des Labyrinths zu sprechen.

1) Erfahrungsgemäss übertragen sich die Schallbewegungen leicht von flüssigen auf feste Körper. Dies geschieht selbst dann, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit überall frei an der Luft steht, also dem Druck der Schallwellen sehr wohl gegen diese hin durch Massenbewegung ausweichen könnte. Demnach setzt sie in solchen Fällen die Wände ihres Gefässes in hörbare Oscillationen. [3]) Die Erfahrungen der Taucher ergeben gleichfalls die leichte Uebertragbarkeit des Tons durch das Wasser und solide Wände. Am schlagendsten sind jedoch die Versuche von Joh. Müller, [4]) der zeigt, dass die in's Wasser dringenden Töne durch einen Holzstab oder Glasröhre sehr deutlich aus diesem an den verstopften Gehörgang geleitet werden. Es kann sich dabei doch nur um Molekularschwingungen des Stabes handeln, dieser muss also mit grosser Leichtigkeit durch die Schwingungen des Wassers stossweise comprimirt werden.

2) Die Massenverschiebung des Wassers bis zum runden Fenster findet beträchtliche Widerstände. Die raschen Verschiebungen der mit ziemlich bedeutender Cohäsionskraft versehenen Wassermoleküle scheinen nach den Versuchen von Matthiesen [5]) besonders schwierig zu sein, da nach ihm das in dünner Lage auf tönenden Platten vertheilte (und mit Gyps gemischte) Wasser Wellensysteme bildet, welche nicht der Schwingungsgeschwindigkeit der Platte entsprechen, sondern von langsameren Wellenbewegungen herrühren. Daraus muss man wohl schliessen, dass die Reibung in den Wasserwellen bei so rasch vor sich gehender Bewegung ein zu beträchtliches

---

1) S. u. die Arbeit von Dänhardt.

2) C. Hasse leugnet dasselbe für die Vögel. Die Schnecke der Vögel. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, Bd. XVII, S. 59.

3) Man hat ja zur Demonstration dieses Verhaltens verschiedene Apparate erfunden, s. u. a. Katalog von König, S. 28.

4) Physiologie 1840, S. 419.

5) Akustische Versuche, die kleinsten Transversalwellen in Flüssigkeiten betreffend. Poggendorf, Annalen 1868, Bd. XIV.

Hinderniss abgiebt, sonst müssten die Wellen fehlen oder auch der Tonhöhe direct entsprechen.

Hierzu kommt, dass es sich nicht um die einfache Verschiebung der Wassersäule handelt, sondern dass das Wasser wegen der Biegungen und mehrfachen Engen des Schneckenkanals (unter denen die augenfälligste das Helicotrema) vielfache innere Verschiebungen erleiden muss, ehe der Schlusseffect des Steigbügelstosses, — die Welle an der Membr. tympani secundaris — sich bilden kann.

3) Ueberdies ist nicht abzusehen, weshalb das Blut durch den Stoss des Steigbügels nicht am Einströmen in die Höhle des Labyrinths verhindert, im Ausströmen gefördert werden sollte und vice versa, wenn durch die Tonwelle überhaupt eine Massenbewegung der Flüssigkeit hervorgebracht wird. Die Blutgefässe an den Wänden des Labyrinths und in der Stria vascularis sind nicht so unbedeutend, um in diesem Fall vernachlässigt werden zu können. Die Arteria auditiva interna hat nach Lachka [1]) einen Durchmesser von 0,5 Mm., dies giebt einen Querschnitt von 0,196 □ Mm. Nehmen wir die Schnelligkeit des Blutes in ihr zu 25 Mm. per Secunde [2]), so entleeren sich ins Labyrinth während dieser Zeit 4,9 Cub.-Mm. Blut, macht in $^1/_{50}$ Secunde 0,1 Cub.-Mm. Fliesst nun während des Stosses des Steigbügels kein Blut ein und mehr Blut aus, so wird die Raumverengerung durch den Steigbügel von in Maximo 0,205 Cub.-Mm. compensirt. Vielleicht sind diese Werthe zu hoch gegriffen, vielleicht auch zu niedrig.

II) Der Effect solcher Massenverschiebung scheint nicht ausreichend zu sein, die Erregung des Hörnerven allseitig zu bewirken. Dass dieselbe auf die Schnecke wirken kann, muss ja zugestanden werden, aber wie sie auf die Endapparate in den Otolithensäcken und den Halbcirkelkanälen Einfluss gewinne, sehe ich nicht ein. Selbst wenn durch die Kanäle hindurch ein kleiner Theilzweig des Stromes verliefe und nach der anatomischen Structur könnte dieser doch nur äusserst gering sein, wie sollte dies auf den Inhalt der Kanäle Einfluss haben? Ihr Inhalt ist rings durch eine Membran gegen die Perilymphe abgeschlossen und diese Membran, wenn auch absolut dünn, ist doch relativ dick und mindestens von der Festigkeit des Corneagewebes. Wie die Verschiebung der Perilymphe hier auf die Acesticusenden wirken könne, ist mir nicht verständlich.

Aus diesen Gründen kann ich zunächst nicht die Vorstellung aufgeben, dass die das Labyrinth durchsetzenden Wellen es sind, welche unsere akustischen Endapparate in Bewegung versetzen und ähnlich wie die fortlaufenden Luftwellen die Stimmgabel bewegen können, auch ein Theil der Hörapparate mit den an ihnen liegenden Wassertheilchen die Bewegung völlig mitmache und die der nächstfolgenden Tonwelle wiederhole, wenn ihre Abstimmung der Wellenlänge entspricht. Dafür scheint mir auch Einiges in der nachfolgenden Arbeit zu sprechen.

Eine Beobachtung, welche ich an dem Halbcirkelkanal eines kleinen lebenden Fisches (Gobius) machte, war so eigenthümlich, dass sie freilich zu

---

1) Anatomie des Menschen. Kopf, S. 475.

2) Sie entspringt direkt aus der Arteria basilaris, daher ist der angenommene Werth wohl nicht zu gross.

keiner der bisherigen Anschauungen irgend passen will. Ein Haar bewegte sich einige Secunden lang, so dass ich glaubte, es habe sich ein langes Flimmerhaar unter die sonst so steifstehenden Hörhärchen verirrt, bis auch dieses später völlig ruhig stand und ward wie die anderen. Dergleichen Beobachtungen können jedoch höchstens mir selber nützen, da sie mich lehren, desto kälter die vorliegende Frage zu erörtern, in der Ueberzeugung, dass Nachdenken und Erfahrung schliesslich Alles aufklären werden.

Experimentelle Studien zur Physiologie des Gehörorgans.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden unternommen, um durch das directe Experiment Erfahrungen über die Uebertragung der Schallwellen vom mittleren Ohre auf das Labyrinth zu gewinnen. Der ursprüngliche Plan ging darauf hin, der Function des runden Fensters näher zu kommen, da auf die Bedeutung der dasselbe schliessenden Membran die anatomischen Verhältnisse entschieden hinzudeuten scheinen.[1]) Dieser Plan ward bald verlassen, weil die Experimente in eine andere Richtung führten. Ich thue dessen jedoch Erwähnung, weil sich aus ihm heraus die Untersuchung im Wesentlichen entwickelt hat.

An den Versuchen hat sich mein hochverehrter Lehrer, der Herr Professor Hensen derartig betheiligt, dass mit wenigen Ausnahmen die Befunde von uns Beiden gemacht und selbstständig geprüft worden sind.

Ich kann es desshalb nicht unterlassen, schon hier demselben für die liebenswürdige Bereitwilligkeit, mit welcher er mich in meiner Arbeit, durch geistige und practische Beihülfe, wie durch Opfer an Zeit und Mühe und durch die unbeschränkte Erlaubniss, die Apparate und das Material des von ihm dirigirten physiologischen Institutes zu benutzen, unterstützte, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Zunächst sollte versucht werden, auf die Schwingungen des Trommelfelles in der Weise modificirend einzuwirken, dass dadurch die Gehörseindrücke wesentlich sich abänderten. Dies geschah in doppelter Weise; einmal durch Berührung, resp. Belastung des Trommelfells mittelst Sonden und ferner durch den Druck einer auf dem Trommelfelle lastenden Wassersäule. Beide Versuchsarten führten uns dazu, gleichzeitig die Sensibilität des äusseren Gehörganges und des Trommelfells zu prüfen, so wie über die Resistenzkraft des letzteren Erfahrungen zu sammeln, welche deshalb nicht ohne Interesse sein dürften, weil hierüber sehr wenig bekannt ist, resp. irrige Anschauungen cursiren. Die Versuche, das Hören durch Belastung des Trommelfells mit Wasser zu modificiren, führten weiter zu einer Wieder-

1) Vgl. M. Claudius. Physiologische Bemerkungen über das Gehörorgan der Cetaceen und das Labyrinth der Säugethiere. Kiel 1858. — Ferner: V. Hensen. Zur Morphologie der Schnecke des Menschen und der Säugethiere. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XIII. Heft 4. pag. 507. Auch Toynbee (Die Krankheiten des Gehörorgans, übersetzt von Moos, pag. 300) schrieb dem runden Fenster die Function zu, Schallwellen auf die Schneckennerven zu übertragen.

holung und Nachprüfung der Ed. Weber'schen [1]) Versuche, und liessen uns neue Befunde zum Hören in einem flüssigen Medium im Allgemeinen und zur Lehre von den Muskelgeräuschen im Speciellen machen. Ferner studirten wir nach dem Vorgange W. Henke's [2]) den Mechanismus der Gehörknöchelchen, was uns zu dem Haupttheil unserer Arbeit führte. Wir begnügten uns nicht, diesen Bewegungsvorgang durch mechanischen Druck zu prüfen, sondern wir führten dem schallleitenden Apparat die ihm adäquaten Schallwellen, und zwar in concentrirter Form zu, um hierdurch weitere Einblicke in den physiologischen Vorgang dieses Schallleitungsmechanismus zu gewinnen. Gleichzeitig wurde, so viel als thunlich, die Membrana tympani secundaria auf ihre Leistung und Function geprüft. Da jedoch manche an diese Experimente sich knüpfende Frage nicht allein durch Versuche mit dem menschlichen Ohrpräparate ihre Beantwortung finden konnte, so recurrirten wir auf den von Johannes Müller angegebenen Apparat, [3]) in welchem er den „doppelten" Leitungsapparat der Trommelhöhle künstlich darzustellen suchte, indem wir diesen Apparat für die uns vorliegenden Fragen erweiterten und ihn ganz besonders dazu verwendeten, um zu versuchen in die dunkle Frage über die Schallleitung im Labyrinthwasser ein wenig einzudringen.

Ueber die Resistenz des Trommelfells.

Die Resistenzkraft des Trommelfells ist beim Menschen entschieden viel bedeutender als bei den meisten Thieren. Meine in dieser Richtung angestellten Prüfungen beziehen sich auf die Trommelfelle vom Hunde, Schaaf, Hirsch, Reh, Meerschweinchen, Kaninchen und von der Katze.

Man kann das menschliche Trommelfell ziemlich kräftig drücken, ohne es zu lädiren, wenn nur das drückende Instrument eine abgerundete Form besitzt.

Um die Resistenz genauer zu prüfen, wurden zwei menschliche Ohrpräparate in der Weise geopfert, dass die Trommelfelle durch eine in den Gehörgang fest eingebundene Glasröhre, mit einer Quecksilbersäule belastet wurde, deren Höhe gesteigert ward, bis ein Riss im Trommelfelle entstand, welcher dem Quecksilber das Ablaufen aus der vorher geöffneten Paukenhöhle gestattete.

Ein wenige Wochen in Spiritus aufbewahrtes Ohrpräparat vom Menschen, an welchem der Steigbügel und Ambos entfernt war, bedurfte zur Sprengung seines Trommelfells einer Quecksilbersäule von 143 Centimetern Höhe. Der Einriss verlief geradlinig, parallel dem Hammergriff, in den untern drei Vierteln seiner vordern Befestigungslinie.

Ein anderes, ungefähr 8 Tage lang in Spiritus aufbewahrtes menschliches Ohrpräparat, an welchem das Labyrinth und die Trommelhöhle

1) Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-physische Classe. Jahrgang 1851, pag. 30.

2) W. Henke. Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.

3) Handbuch der Physiologie des Menschen von Johannes Müller. Bd. II. pag. 443.

eröffnet waren, die Gehörknöchelchen sich vollzählig in normaler Lage befanden, welches jedoch in sofern pathologisch war, als reichliche Residuen früherer Entzündungsprozesse, in Form von Pseudomembranen und Ligamenten, nachweisbar waren, wurde gleichfalls auf die Resistenz seines getrübten und scheinbar verdickten Trommelfells, in gleicher Weise, geprüft. Es war eine Säule von 168 Cub.-Mm. Quecksilber erforderlich, um in diesem Trommelfelle einen Riss hervorzubringen, welcher sich wiederum in der vordern Trommelfellhälfte befand. Der bogenförmige Riss fing eben unterhalb des Processus obtusus mallei an, verlief in der obern Hälfte der vordern Hammerlinie, um dann bogenförmig nach vorn und unten in der Membran selbst zu enden. [1])

Die zur Vergleichung geprüften Thierohren waren so präparirt, dass gleichfalls eine Glasröhre in den Ohrgang eingebunden werden konnte und ausserdem nur durch Eröffnung der Trommelhöhle von unten das Trommelfell sichtbar gemacht worden war.

Das Trommelfell des Hundes bedurfte einer Quecksilbersäule von 66 Centimeter Höhe zur Sprengung; dasjenige des Schaafes zerriss bereits bei einer Belastung von 34 Centimeter Quecksilber. Beim Hundeohr fand sich eine rundliche Perforationsöffnung nach unten und vorn von der Spitze des Hammergriffs, während das Paukenfell des Schaafes neben dem kurzen Fortsatze des Hammers, in dem untern hintern Abschnitte der Membrana flaccida perforirt war. Die Trommelfelle einer zwei Monate alten Katze liessen schon kleinste Mengen Quecksilber oberhalb des Processus obtusus mallei durchsintern, so dass hier vielleicht ein besonders grosses Foramen Rivini vorhanden war, oder auch, dass die Membrana flaccida der Katze sich durch ganz abnorme Zartheit auszeichnet.

Meine Trommelfelle haben, ohne zu leiden, einen nicht unbedeutenden, jedoch nicht näher bestimmten Sondendruck, sowie die Belastung einer 126 Centimeter hohen Wassersäule ertragen können.

Rücksichtlich der Beweglichkeit des Trommelfells haben uns die Untersuchungen vieler anatomischer Präparate gelehrt, dass diese Membran keineswegs straff gespannt ist, dass man erhebliche Excursionen bekommt, wenn man die Luft des Gehörganges nur im mässigen Grade verdünnt oder verdichtet. [2])

Sensibilität des Gehörganges und des Trommelfells.

Der knöcherne Theil des Gehörganges reagirt bekanntlich auf seine Berührung durch ein specifisch unangenehmes Gefühl, welches sehr energisch vor jeder unvorsichtigen Einführung der Sonde abmahnt. Weiter

1) Diese beiden Beobachtungen stimmen nicht mit den Erfahrungen der Ohrenärzte überein, welche die, in Folge von in der Nähe stattgehabten Explosionen eingetretenen Trommelfellzerreissungen fast stets hinter dem Griffe und parallel mit ihm, von oben nach unten, beobachteten.
Vgl. A. von Trötsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl., pag. 124.

2) Vgl. Joseph Gruber. Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen. Wien 1867, pag. 52.

hinein hat — soweit sich eruiren lässt — derjenige Uebergangstheil der Gehörgangswand in das Trommelfell, welcher als Membrana flaccida Shrapnelli [1]) bezeichnet wird, eine sehr grosse Empfindlichkeit, so dass eigentlich jede Berührung desselben Schmerz macht, während die übrigen Uebergänge des Trommelfells in die Gehörgangswand erst auf stärkeren Druck ein unangenehmes Gefühl zeigen. Das Trommelfell selbst scheint eine Schmerzempfindlichkeit, im normalen Zustande, nicht zu haben und kann — der herrschenden Ansicht entgegen [2]) — geradezu als empfindungslos bezeichnet werden.

Auch für den Spannungsgrad dürfte es nur eine sehr geringe Empfindlichkeit besitzen; wenigstens ist es bei sehr vorsichtig eingeführter aber alsdann stark eingedrückter Sonde nicht immer möglich zu entscheiden, ob die Sonde wirklich dem Trommelfell anliegt, oder nicht. Erst wenn sie abgezogen wird, ergiebt sich aus den begleitenden Geräuschen in solchem Falle ein sicheres Urtheil, ob sie auf das Trommelfell selbst drückte.

Dies gilt jedoch nur für den Fall, wo der Hammer nicht berührt wird. Die Berührung dieses Knochens ist stets von einem, wenn auch nicht schmerzhaften, so doch lästigen Druckgefühle begleitet.

Ich habe ausserdem noch zuweilen, übereinstimmend mit Herrn Dähnhardt, bei Berührung mit der Sonde das Gefühl eines kalten Körpers, welches auch nach Entfernung der Sonde noch einige Minuten andauert, während Hensen diese Empfindung vermisst. Schmerzhaft kann ausserdem ein Druck werden, der entweder durch Compression der Luft im Gehörgange mittelst eines Gummiballons, oder durch eine Wassersäule ausgeübt wird, sobald der Druck eine gewisse Grenze überschreitet. Ich machte an mir folgende Erfahrungen über die Reizbarkeit meiner Gehörgangsnerven.

Als ich einmal vermittelst eines Esmarch'schen Irrigators und zweier von diesem abgehenden, in die Ohren wasserdicht eingeführter Kautschukschläuche meine Gehörgänge mit kaltem Pumpenwasser angefüllt hatte, stellte sich, nachdem der bei der Einführung durch einen Quetschhahn geschlossene Schlauch geöffnet wurde, und nun eine Wassersäule von 117 CM. auf meinem Trommelfell lastete, ein intensives Schmerzgefühl ein, welchem Schwindel und Uebelkeit auf dem Fusse folgte. Ich musste die Schläuche aus den Ohren entfernen lassen, mich niederlegen und bemerkte bald eine Verminderung der Erscheinungen. Gleich darauf wiederholte ich denselben Versuch, liess jedoch den Irrigator um 52 CM. niedriger aufhängen; sogleich traten dann dieselben Erscheinungen in so verstärktem Masse ein, dass das Gefühl des Schwindels sich fast zur Ohnmacht steigerte, alsdann Würgen und wirkliches Erbrechen eintrat, dem für die Dauer des Tages ein Eingenommensein des Kopfes folgte.

Nach der herrschenden Neigung der Ohrenärzte liegt es nahe, die Ursachen dieser Erscheinungen in einer positiven Druckschwankung im Labyrinthe zu suchen; ich bin indessen geneigt, die Zufälle als Reflex-

---

1) J. Henle, Eingeweidelehre. pag. 734. J. Gruber, Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell. pag. 52. A. Prussak. Zur Anatomie des menschlichen Trommelfells. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. III. Heft 4.

2) v. Tröltsch. Die Anatomie des Ohrs. 1861, pag. 30.

erscheinungen, bedingt durch Reizung des Ramus auricularis nervi vagi aufzufassen, da Reizungen dieses Nerven bekanntlich schon häufig räthselhafte Erscheinungen zur Folge gehabt haben. [1])

Der Reiz war in diesem Falle nicht durch den Druck, sondern durch die niedrige Temperatur des Wassers gegeben.

Als ich bei einer späteren Wiederholung dieses Experimentes, dem Rathe von Tröltsch's [2]) folgend, anstatt des kalten Wassers, warmes Wasser von 25° R. anwandte, blieben alle Erscheinungen aus, obwohl ich den Druck noch um mehrere Centimeter steigerte.

Als ich ferner einmal den starken Ton der Sirene durch einen Kautschukschlauch längere Zeit dem Ohre direct zuleitete, hatte ich ebenfalls ein leichtes Schwindelgefühl und eine gelinde Brechneigung mit nachfolgendem Eingenommensein des Kopfes und Ohrsingen zu constatiren. Es wird noch weiter unten davon die Rede sein, dass dieses Experiment bei gewissen Tönen ein schmerzhaftes Kitzeln im hintern Theil des Gehörganges (und am Trommelfelle?) erzeugt.

Versuche über die Berührung des Trommelfells mit Sonden.

Eine in den äussern Gehörgang eingeführte gerade Sonde lässt sich ohne Schwierigkeiten an alle Theile des Trommelfells bringen und sogar, wenn auch schwierig, ohne die Wände des Gehörgangs zu berühren, wenn man durch Zug an der Muschel den Gang gerade zu strecken sich bemüht. Sie trifft jedoch vorzugsweise den oberen Abschnitt bis zum Umbo hinunter. Reichliche Versuche am todten, wie am eignen Ohre haben dieses bestätigt.

Es würde zu lang werden, alle Modificationen, welche wir behufs der Einführung in Anwendung brachten, zu beschreiben. Hauptsächlich experimentirten wir mit an der Spitze knopfförmig verdickten, dann zu einer schwachen Feder verdünnten Stahlsonden und mit gleichfalls an der Spitze geknöpften, nicht federnden Glassonden.

Soll die Sonde im Umbo stehen, so muss sie mit ihrem Knopfe etwas nach aufwärts gebogen und in entsprechender Haltung eingeführt werden. Die Sonde wurde anfänglich mit der Hand frei eingeführt; später wurde sie mit einem Politzer'schen Ohrspiegel [3]) derartig in Verbindung gebracht, dass sie, durch drei Drähte gehalten, im Centrum des Spiegels frei schwebte, die kleine Oeffnung desselben um 1,0 bis 1,5 C.-M. überragend. Ferner befestigten wir die Sonde auf einer Membran, welche über einer Glasröhre oder einem Pappringe ausgespannt war. Die Befestigung geschieht in diesem Falle am besten durch Ankleben der rechtwinklig gebogenen Sonde mit Leim. Die Röhren oder Ringe hingen, an zwei Fäden befestigt, von der Decke des Zimmers herab; doch so, dass sie nicht allzu stark pendelten.

---

1) Vgl. Luschka. Die Anatomie des menschlichen Halses. Tübingen 1862, pag. 392. v. Tröltsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl. pag. 75.

2) Dessen Lehrbuch. pag. 120.

3) Adam Politzer. Die Beleuchtungsbilder des Trommelfells. Wien 1865. pag. 14.

BOSTON MEDICAL
FEB 21 1922
50
LIBRARY

Die Beobachtungen, welche man mit diesen Apparaten machen kann, sind zweierlei; einmal betreffen sie die Erscheinungen, welche durch das Anlegen selbst hervorgerufen werden, zweitens die Veränderungen, welche durch die ruhig anliegende Sonde in der Wahrnehmung des Schalls entstehen. Ich bespreche die letzteren zuerst.

Wenn die Sonde absolut ruhig dem Trommelfelle anliegt, wenn also entweder der mit einer Sonde in Verbindung gebrachte Ohrspiegel fest im Gehörgange steckt und der Sondenknopf das Trommelfell drückt, oder wenn man durch grössere oder geringere Abweichung von der Schwerlinie der an der Membran befestigten, pendelartig aufgehängten Sonde, letztere durch ihr eigenes Gewicht und das Gewicht des mit ihr in Verbindung stehenden Glas- oder Pappcylinders auf das Trommelfell stärker oder schwächer drücken lässt, so hört man keinerlei Art von Geräusch. Es dürfte demnach die Redeweise von subjectiven Tönen und Geräuschen, hervorgerufen durch Druck auf das Trommelfell, ihre Gemeingültigkeit verlieren.

Lässt man nun bei der ersten Art des Versuches, also beim Anstemmen einer Sonde gegen das Trommelfell, welche durch den Trichter vor einer Berührung der Gehörgangswand geschützt ist, Töne erzeugen oder sprechen, so scheint die Schallwahrnehmung und die Wahrnehmung von Schwebungen nicht modificirt. Wenn man jedoch eine Tonquelle prüft, während man den Druck der Sonde verstärkt oder schwächt, so findet in einigen Fällen eine Tonverstärkung statt und zwar z. B. beim Abklingen der auf a gestimmten Stimmgabel; ferner bei den Orgelpfeifen c und d und ebenso beim Ticken einer leise gehenden Uhr. In letzterem Falle stellten wir bei früheren Versuchen Messungen an, welche ergaben, dass sich die Hörweite für die Uhr beim Druck von 53 auf 64 Cub.-Mm. vergrösserte.

Erhard hat für sein allerdings schwerhöriges Ohr ähnliche Erfahrungen beim Einführen von Baumwolle an's Trommelfell gemacht, und hat darüber in seiner Dissertation [1]) berichtet.

Yearsley in London war der Erste, welcher dieses einfache Mittel zur Hörverbesserung in gewissen pathologischen Fällen bereits 1848 empfahl [2]). Diese Erfahrung lässt sich für das normale Ohr wohl einfach erklären durch ein Experiment, welches man an jeder gespannten Membran vornehmen kann. Hält man nämlich dieselbe zwischen sich und einer Schallquelle und drückt alsdann mit dem Finger darauf, so verstärkt oder schwächt sich die Leitung des Schalles durch sie hindurch, je nachdem ihre Spannung geringer oder grösser ist, als diejenige, welche der Tonquelle genau entsprechen würde. Demnach würde durch das Andrücken der Sonde die Stimmung des Trommelfells zu Gunsten der stärker gehörten Töne vermehrt werden. Die günstige Druckwirkung in pathologischen Fällen dürfte dagegen wohl in einer Annäherung der in ihren Verbindungen gelockerten Gehörknöchelchen beruhen. Der Ton einer Stimmgabel von 100 Schwingungen in der Secunde liess sich durch das Andrücken der Sonde nicht verstärken. (?)

Anders verhalten sich die mit Membranen in Verbindung stehenden Sonden. Wenn ein Ton erzeugt wird, welcher die Membran in stärkere Schwingungen zu setzen vermag, so schallt dieser Ton sehr verstärkt durch

1) De auditu quodam difficili nondum observato. Berlin 1849.
2) Vgl. v. Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl. pag. 349 u. 350.

die an's Trommelfell angelegte Sonde in's Ohr hinein. Der Ton ist jedoch nur dann erheblich verstärkt, wenn die Sonde wirklich dem Trommelfelle anliegt, während die Leitung durch irgend eine benachbarte Stelle des Gehörganges eine bedeutend abgeschwächte ist. Auch sind störende Nebengeräusche, welche durch die Berührung des Gehörganges entstehen, zu vermeiden und es ist deshalb die Vorsicht zu empfehlen, vor Einführung der Sonde die Biegungen und Unregelmässigkeiten des Ohrganges durch einen für diesen Zweck angefertigten Schutztrichter oder durch einen gewöhnlichen Ohrspiegel auszugleichen. Für andere Töne, sei es von Orgelpfeifen, sei es der menschlichen Sprache, welche der Grösse und Spannung der Membran nicht genau entsprechen, ist eine erhebliche Verstärkung nicht vorhanden.

Die auffallendste Erscheinung bietet bei diesen Experimenten die in dem sondirten Ohre eintretende, sehr characteristische Verstärkung der eigenen Sprache des Experimendirenden dar. Diese Verstärkung besteht einmal darin, dass die Sprache scheinbar überhaupt nur in dem betreffenden Ohre vernommen wird, ähnlich als wenn man das Ohr mit dem Finger verschlossen hätte; dann aber haben die Töne etwas klirrendes und resonirendes, und unterscheiden sich von denen der gewöhnlichen Sprache ähnlich, wie der Klang des gedämpften von dem des nicht gedämpften Klaviers, jedoch ist dieser Vergleich nur in Ermangelung eines besseren zulässig.

Es setzen sich die durch die eigene Sprache hervorgerufenen Schwingungen des Trommelfells in sehr wahrnehmbarer Weise auf die Sonde und die daran befestigte Membran fort. Die auf die Membran übertragenen Schwingungen lassen sich durch kleine auf die Membran herabhängende Pendel, welche aus an Coconfäden hängenden kleinsten Glasperlen bestehen, leicht und deutlich durch ein starkes Penduliren nachweisen.

Die Resonnanz der eigenen Sprache zeigte sich übrigens auch schon, wenn eine federnde Sonde nach der ersten Methode, also ohne Membran, dem Trommelfell anlag, oder wenn eine Glassonde an einem ausgespannten Hanffaden befestigt mit einem geringen Druck das Trommelfell berührte. Der Versuch erklärt sich einfach dadurch, dass die Sonden, resp. Membranen, durch die Schwingungen des Trommelfells mit in Bewegung gesetzt werden, daher die Schwingungen in kürzester Frist verstärkt werden und dann ein wenig länger andauern, als der Ton selbst. Interesse hat es immerhin, dass man auf diese Weise die Schwingungen des lebenden Trommelfells direct nachzuweisen, im Nothfall sogar sie aufzuschreiben, im Stande ist. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Membranen auch in Schwingungen gerathen, welche durch die aufgehängten Pendel nachgewiesen werden können, wenn ein Anderer in den Tönen, für welche sie gespannt ist, spricht; ebenso wenn die Sonde nur an die Wand des Gehörganges, nicht aber an das Trommelfell lehnt. Die Pendel bewegen sich nicht so kräftig, wie wenn die Sonde gegen das Trommelfell gestützt ist, aber sehr erheblich ist dieser Unterschied für den Beobachtenden nicht, während die subjective Wahrnehmung des stärkeren oder schwächeren Pendulirens für den Experimentirenden einen ganz bedeutenden Unterschied zwischen der Wirkung der eigenen und fremden Sprache, der Anlagerung an das Trommelfell oder an den Gehörgang constatiren lässt. Wir machen daher der objectiven Beobachtung, der subjectiven Gehörsempfindung gegenüber, eine Concession, wenn wir vorerst

aus diesen Versuchen keinen bestimmten Schluss über die Wege, durch welche die eigene Sprache vernommen wird, machen.[1])

Was nun die Erscheinungen, welche durch das Anlegen selbst hervorgerufen werden, anbetrifft, so lässt sich die Sonde so zart anlegen, dass Geräusche kaum dadurch bewirkt werden; dann nämlich, wenn der Experimentirende seinen Kopf durch feste Lagerung fixirt hat (was am besten durch Auflegen der Stirn auf den Tischrand geschieht), und derselbe nun die oberhalb des Kopfes in der richtigen Entfernung vom Ohre aufgehängte Sonde sich langsam von einem Gehülfen in den Gehörgang einsenken lässt. Dagegen ruft die Einführung durch die eigene Hand, ganz besonders aber bei Ungeübten, eine Menge geringerer oder stärkerer Geräusche hervor. Zu diesen gehören die Berührungen des Gehörganges und der ihn auskleidenden Wollhaare, welche um vieles lauter dem Ohre bemerkbar werden, wenn die Sonde mit einem gespannten Faden oder einer Membran in Verbindung steht. Sobald das Trommelfell berührt wird, entsteht ein lautes und tiefes Sausen, welches wir zuerst mit der Gehörsempfindung verglichen, die man beim Fahren in einem geschlossenen Wagen über eine hölzerne Brücke empfängt.[2]) Bei Berührung des Hammerstiels vermischt sich jenes tiefe Sausen mit einem eigenthümlichen Knattern. Sobald die Sonde aus der einführenden Hand befreit ist und ruhig hängend dem Trommelfell anliegt, sind mit Ausnahme von den schwächeren Geräuschen, welche durch die Berührung des Gehörganges bedingt sind, alle lauten Geräusche verschwunden, und es ist somit keinem Zweifel unterworfen, dass die Hauptmasse jener lauten tiefen Geräusche durch die Hand dem Ohre zugeführt wird. Ich nehme keinen Anstand, ihre Hauptquelle in, vom Arm und der Hand fortgeleiteten, Muskelgeräuschen zu suchen, welche durch Geräusche der Sehnenscheiden und Gelenke, wie durch die unruhige Haltung der sich am Trommelfell verschiebenden Sonde verstärkt worden. Das Herausnehmen, der dem Trommelfell anliegenden Sonde wird, wie es scheint, ausnahmslos, durch ein knallendes Geräusch bezeichnet. Diesen Knall erhält man auch, wenn man durch einen luftdicht eingeführten Schlauch, auf irgend eine Weise, am bequemsten durch den Mund, die Luftspannung im Gehörgange plötzlich ändert; und zwar erhält man ihn sowohl beim plötzlichen Ausbuchten, als auch beim plötzlichen Einbuchten des Trommelfells, so wie auch dann, wenn letzteres aus einer dieser zwei Lagen plötzlich in seine Ruhelage zurückschnellt. Am todten Ohre lässt sich dieser Bewegungsmechanismus, welcher die Quelle jenes knallenden Geräusches bildet, mit Leichtigkeit übersehen.

Es ist wahrscheinlich, dass jede Art von Knall im Wesentlichen durch einen ähnlichen Erschütterungs-Mechanismus des Trommelfells und der Theile des mittleren Ohres entstehe.

---

1) D. h. über die Frage, in wie weit unsere Sprache von uns durch Tuba und Kopfknochen, wie weit durch den äusseren Gehörgang vernommen wird.

2) Wir legen auf diesen Vergleich nur geringen Werth, da wir mehrfach die Erfahrung machten, dass das erste Hören eines bis dahin ungekannten entotischen Geräusches stets stärker erscheint, als bei häufigeren Wiederholungen, wo man vorbereitet, seine Aufmerksamkeit mehr auf die Analyse desselben richtet.

Uebrigens kann man auch objectiv das knallende Geräusch wahrnehmbar machen, wenn ein Anderer die Sonde von seinem Trommelfell entfernt, jedoch macht es den Eindruck, als ob dieses Geräusch höhere Töne enthielte, als dasjenige, welches man selbst, als Experimentirender, wahrnimmt. Herr Dähnhardt und ich konnten diesen durch einen hohen Grundton characterisirten Knall ohne Anstrengung und Kunsthülfe in einer Entfernung von 5 Meter gegenseitig noch deutlich hören. Auch an frischen Leichen lässt sich dieses knallende Geräusch auf eine Entfernung von 60 C.-M. durch das Abziehen der Sonde hörbar machen, wie solches von den Herrn Edlefsen und Zerssen auf meine Veranlassung im hiesigen pathologisch-anatomischen Instituten häufiger geprüft wurde.

Beim Verschieben der Sonde am Trommelfell machen sich oft noch knisternde Geräusche hörbar, welche den Eindruck machen, wie wenn man über eine trockene aber etwas klebrige Membran hinfährt; und in der That scheint die äussere Oberfläche des Trommelfells mit einer dünnen Schicht klebriger Substanz [1]) bedeckt zu sein, denn es kleben an der vorsichtig, ohne Berührung der Gehörgangswand, eingeführten Sonde hinterher kleine leichte Papierstückchen am Knopfe. Aus diesem Grunde höre ich, wie es scheint, den durch das Zurückziehen der Sonde hervorgebrachten Knall von einem klebrig-knisternden Geräusch begleitet, während Hensen ihn vollständig rein hört.

Wie nach den Erfahrungen Chladni's und Biots über die Schallleitung fester Körper im Allgemeinen zu erwarten ist, leitet die dem Trommelfell anliegende Sonde jedes an ihr erzeugte Geräusch mit grosser Intensität, so dass eine für Dabeistehende durchaus unhörbare Berührung auf's Lauteste ins Ohr schallt. Man gewinnt daher in der dem Trommelfell anliegenden Sonde ein Mittel, um leise und in grosser Entfernung an festen Körpern erzeugte Töne und Geräusche durch eine directe Verbindung der Sonde mit dem festen schallleitenden Körper der Gehörswahrnehmung noch zugänglich zu machen, wo alle übrigen bisher angewendeten Kunstmittel den Dienst bereits versagen.

Johannes Müller bediente sich, um schärfer zu hören, zur Bestimmung der Leitungsverschiedenheit und Uebertragungsfähigkeit von Körpern verschiedener Aggregatzustände eines hölzernen Stabes oder „besser einer Glasröhre", welche er mit einem den Gehörgang obturirenden Papierbolzen in Verbindung brachte. [2])

Von den Ohrenärzten wird zur Auscultation des Ohres das von Toynbee seit 1853 eingeführte Otoskop [3]) angewendet, um durch dieses Kunstmittel, welches aus einem elastischen Rohr mit Elfenbeinansätzen besteht, Geräusche wahrzunehmen, welche im Ohr des Kranken künstlich erzeugt werden.

---

1) Nach Mr. Williams mit Ohrenschmalz. Vgl. William R. Wilde. Praktische Bemerkungen über Ohrenheilkunde u. s. w. Uebers. v. v. Haselberg. Göttingen 1855. pag. 365. Anmerkung.

Nach Bochdalck's Anschauung könnte jene Substanz als das Product einer Schleimhaut aufgefasst werden. Ueber das Foramen Rivini. Prager Vierteljahrsschrift 1866. Bd. I. pag. 44.

2) Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen. Band II. pag. 420.

3) Joseph Toynbee. Die Krankheiten des Gehörorgans. Uebersetzt von S. Moos, Würzburg 1863. pag. 191.

Um nun die Vorzüge der directen Leitung durch die Sonde zu prüfen, stellte ich folgendes Experiment an.

Ein 173 Meter langer aus zwei Hanfdrähten gedrehter Bindfaden von ca. 1 Millimeter Durchmesser wurde mit dem einen Ende an einem Baum befestigt. Von hier aus wurde der Faden durch 6 eiserne Ringe von einigen Millimetern Durchmesser, welche an Bäumen und Mauern eingeschraubt waren, gezogen und durch einen am Fensterkreuz befestigten Ring in ein Zimmer geleitet. Am andern Ende des Zimmers befand sich eine Rolle, über welche das zweite Fadenende geführt wurde, wo durch ein angehängtes Gewicht die ganze Fadenlänge gespannt erhalten ward. Die an den Stegen im Garten zu- und abgehenden Fäden bildeten einen spitzen Winkel; die Entfernung der einzelnen Stege von einander betrug 25—32 Meter. Ueber den ersten Steg, welcher die Leitung des Fadens vom Zimmer in den Garten vermittelte, war derselbe stumpfwinklig geführt. Ungefähr $3^1/_2$ Meter von diesem Stege am Fensterkreuz entfernt, zwischen ihm und der das Endstück mit dem Gewichte tragenden Rolle, wurden die Sonde, der Müller'sche Conductor und das Otoskop in der Weise befestigt, dass sie zwischen die, den Bindfaden bildenden, Hanfdrähte geschoben und durch die Spannung des Fadens in ihrer Lage erhalten wurden. Die Länge der zur Anwendung kommenden gläsernen Knopfsonde betrug $^1/_3$ Meter; der gläserne Müller'sche Conductor war $^2/_3$ Meter lang und ebenso lang war auch der als Otoskop angewandte Gummischlauch, welchen ich nach v. Tröltsch [1]) Vorgange etwas zugespitzt, ohne Ansatz, luftdicht ins Ohr einführte.

Um gleichzeitig die Knochenleitung zu prüfen, benutzte ich den Müller'schen Conductor in der Weise, dass ich das Ende desselben mit den Zähnen fasste und die Hörweite bei offenen und geschlossenen Gehörgängen mass. Bei der Schwierigkeit, wiederholt ein gleich starkes Geräusch herzustellen, wählte ich als Schallquelle das Streichen des Fadens mit einem Violinbogen, welches von einem geübten Violinspieler mit möglichster Gleichmässigkeit ausgeführt wurde. Derselbe strich in der einen Versuchsreihe so leise, dass er selbst kein Geräusch vernahm, in der zweiten Reihe dagegen strich er so stark, dass er deutlich das erzeugte Geräusch vernehmen konnte.

Das Resultat dieser Beobachtungen war folgendes:

Art der Zuleitung zum Ohre.	Hörweite für den Violinbogenstrich. 1. leise gestrichen.	2. stark gestrichen.
I. Müller's Conductor zwischen den Zähnen gehalten,		
a. bei offenen Gehörgängen	52,1 Meter	74,4 Meter
b. bei geschlossenen Gehörgängen . .	60,7 „	76,7 „
II. Conductor luftdicht im Ohrgange befestigt	93,9 „	116,9 „
III. Gummischlauch „ „ „	67,0 „	77,2 „
VI. Glassonde, dem Trommelfell anliegend .	106,9 „	142,5 „

Ohne Zweifel wären die Zahlen enorm viel grösser ausgefallen, wenn der gespannte Faden eine gerade Linie gebildet hätte; denn es ist leicht zu beobachten, wie mit Ueberschreitung eines jeden Steges die Intensität des gehörten Geräusches bedeutend abgeschwächt wird. Ich wählte für den Ort der Leitung einen Garten, um alle Querleitung möglichst auszuschliessen,

1) Dessen Lehrbuch pag. 182. Anmerk.

welche ein früheres auf einem grossen Bodenraume ausgeführtes Experiment sehr getrübt und somit nutzlos gemacht hatte. Wenn ich die Beobachtung selbst im Zimmer, und nicht gleichfalls im Freien vornahm, so geschah dies ebenfalls in Folge früherer Erfahrung, welche mich lehrte, wie sehr der vorhandene Wind die Schärfe der Beobachtung beeinträchtigt.

Die Qualität des durch das Streichen mit dem Violinbogen erzeugten Schalles ist nach der Stärke und Schnelligkeit des Striches verschieden. Während der ersten Versuchsreihe erhielt ich nur den Eindruck eines schabenden Geräusches, dagegen wurde dasselbe beim stärkeren und schnelleren Streichen von einem Ton begleitet.

Anmerkung. Diese Art von Versuchen halte ich für die gefährlichsten von allen, bemerke überhaupt, dass es rathsam ist, falls Jemand diesen Theil unserer Versuche wiederholen will, sich von Zeit zu Zeit das Trommelfell untersuchen zu lassen. Wir haben dies versäumt, und obgleich schliesslich keiner von uns dauernde Nachtheile davon getragen hat, musste ich doch zu meiner unangenehmen Ueberraschung finden, dass einige Tage nach den eben beschriebenen Versuchen beide Trommelfelle des Herrn S. an den Rändern, das eine auch noch neben dem Umbo, starke entzündliche Röthung zeigten. H.

Versuche über das Hören im Wasser.

An die im vorigen Abschnitte beschriebenen Sondenversuche reihen sich einige Experimente, bei denen das Trommelfell durch Belastung mit einer Wassersäule in seinen Schwingungen modificirt werden sollte.

Es hat schon Eduard Weber[1]) die Idee gehabt, durch Einführung von Wasser in den Gehörgang, die Bewegungen des Trommelfells zu hemmen. Er ist dabei zu dem Resultate gekommen, dass der Schall nur in so fern verändert sei, als er ihn als eine Empfindung im Innern des Kopfes wahrnahm und nicht unterscheiden konnte, ob er von rechts oder links komme. Weber vindicirte dem sehr nervenreichen Trommelfelle die Fähigkeit, zu entscheiden, von welcher Seite ein Schall das Ohr treffe. Durch Belastung mit Wasser sollte diese Membran unfähig gemacht werden, diese Function zu erfüllen.

Wir haben diese Versuche drei Mal zu verschiedenen Zeiten wiederholt, auch wie Weber zwei Untersuchungsreihen über das Hören im Wasser angestellt, indem wir einmal die Luft im Gehörgange zurückhielten und im zweiten Falle den Gehörgang mit Wasser anfüllten, bei strenger Vermeidung von Luftbläschen in demselben.

Die ersten im Jahre 1865 angestellten Versuche, über welche ich damals dem hiesigen physiologischen Vereine referirte, wurden von Herrn Professor Hensen und mir gemacht. Bei den in jüngster Zeit wiederholten zwei Versuchen leistete mir Herr Dähnhardt den Dienst, meine Angaben zu notiren. Die Beobachtungsprotokolle sind im Wesentlichen vollkommen übereinstimmend. Bevor ich näher auf die einzelnen

1) Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch physische Classe. Leipzig 1851. pag. 30.

Versuche eingehe, muss ich schon hier bemerken, dass unsere Resultate mit den Weber'schen durchaus nicht übereinstimmen.

Wohl ist das Hören der eigenen Sprache bei mit Wasser belastetem Trommelfell derartig modificirt, dass der Vergleich mit „einer im Innern des Kopfes wahrgenommenen Empfindung" zulässig erscheint; es hat jedoch diesser Vergleich keine Bedeutung für das Hören anderer Schallquellen. Für in der Luft erzeugte Schalle, sei es die Sprache oder der Gesang eines Anderen, seien es andere Schallquellen, ist das Ohr einfach schwerhöriger, und zwar weniger bei lufthaltigen Gehörgängen, als wenn auch der Gehörgang mit Wasser angefüllt ist. Man hört alle lauten Töne und Geräusche dumpfer, als aus weiter Ferne herkommend; und man verliert bei beiden Methoden, sowohl bei lufthaltigen, als auch bei wasserhaltigen Gehörgängen, nicht nur beim völligen Untertauchen unter Wasser, sondern auch dann, wenn die Mund- und Nasenöffnung über den Wasserspiegel erhoben werden, jegliche Fähigkeit, mit Genauigkeit anzugeben, ob ein Schall rechts oder links, hinten oder vorn vom Experimentirenden erzeugt wird.

Unsere Versuche wurden in einer Badewanne vorgenommen, in welcher das 30 bis 32° Cels. warme Wasser eine Tiefe von $^2/_3$ Meter hatte.

Bei völligem Untertauchen mit lufthaltigen Gehörgängen unter Wasser, wobei die Respiration durch eine nach aussen geleitete Röhre unterhalten werden konnte, trat eine merkliche Schwerhörigkeit gegen die Sprache ein. Es wurde die laute Sprache bis zur Grenze ihrer Abschwächung gehört und verstanden; Flüstersprache wurde jedoch nicht mehr gehört; ebenso wurde auch die in der Luft schwingende Stimmgabel nicht gehört, selbst dann nicht, wenn ich mich bis nahe an die Oberfläche des Wassers erhob. Nicht sehr lautes Singen hoher und tiefer Töne, Fingerknicksen und Flöten wurde noch bis an die Grenze des Zimmers, welche von der Badewanne $3^1/_2$ Meter entfernt war, deutlich gehört. Die auf dem Rand der Badewanne abklingende Stimmgabel wurde als lauter Glockenton wahrgenommen. Das Abklingen der Stimmgabel auf dem Fensterkreuz und dem hölzernen Balken der entgegengesetzten Wand des Badezimmers wurde sehr deutlich gehört; dagegen war dieser Ton bis zur Grenze des Hörbaren abgeschwächt, wenn man die Stimmgabel auf den Mauersteinen der Wand in gleicher Entfernung von der Badewanne abklingen liess.[1]) Wie schon oben bemerkt wurde, war ich ausser Stande, bei geschlossenen Augen, die Richtung der verschiedenen Schallquellen zu bestimmen.

Die auf dem Schädeldach abklingende Stimmgabel wurde als ein sehr starker Ton gehört; weniger stark von der Patella und der grossen Zehe aus; auffallend geschwächt von oberflächlich liegenden Knochenpunkten des Oberarmes aus. Der Stimmgabelton war lauter, wenn der Stiel der Gabel unterhalb des Wasserspiegels auf die bezeichneten Punkte gesetzt wurde, als wenn dies oberhalb des Niveaus geschah. Das willkürlich erzeugte knackende Geräusch im Ohr (siehe unten) wurde unverändert gehört.

---

1) Die Wände des Zimmers bestanden aus Fachwerk; der Fussboden war ein hölzerner.

Der zweite Versuch, bei welchem es sich darum handelte, alle Luft aus dem Gehörgange zu vertreiben und durch Wasser zu ersetzen, wurde in zweifacher Weise ausgeführt. In beiden Fällen geschah die sorgfältige Füllung der Gehörgänge mittelst einer Spritze, während sich der Experimentirende in der Seitenlage unter Wasser befand, das betreffende Ohr eben oberhalb des Niveaus haltend, wobei durch einen nach aussen geleiteten Schlauch die Athmung ermöglicht wurde. Erst wenn sich der Beobachtende überzeugt hatte, dass alle Luft aus dem Gehörgange entfernt war [1]), tauchte ich mit dem Ohre ganz unter und brachte nun das zweite Ohr in gleicher Weise an die Oberfläche. Nachdem nun das beide Ohrgänge füllende Wasser mit dem Wasser der Badewanne communicirte, begannen die Hörversuche, indem ich bald möglichst tief untertauchte, bald — für gewisse Beobachtungen — Nasen- und Mundöffnung aus dem Wasser hervorhielt.

Es traten nun gleich zwei wesentliche Erscheinungen mit ausgezeichneter Prägnanz hervor. Der Beobachtende erschrak über mein bedeutend lauteres Sprechen, während ich glaubte, mit der gewöhnlichen Stärke zu sprechen. Ich hatte das Mass für die Stärke meines Tons verloren.

Bei näherer Untersuchung zeigte sich zunächst, dass dieser Verlust nur die laute Sprache betraf, dagegen die Flüstersprache ziemlich unverändert vernehmbar war. Wir versuchten den Grad dieser Veränderung näher zu bestimmen; dabei erwies es sich jedoch als unmöglich, die laute Sprache so zu mässigen, dass der Sprechende gar nichts davon vernahm; dagegen trat der Fall ein, dass ich als Sprechender meine Sprache selbst wohl noch hören, aber nicht mehr verstehen konnte, d. i. nicht wusste, ob die Worte deutlich herausgekommen seien oder nicht, während sie von Hensen noch in einer Entfernung von einem Meter deutlich verstanden wurden. Einzelne Vokale leise genug zu singen und zu sprechen, um sie für mich selbst unhörbar zu machen, war nicht möglich. Als ein auffallender Gegensatz zur lauten Sprache erscheint es, dass der Experimentirende im Stande ist, seine eigene leiseste Flüstersprache ganz deutlich zu hören und zu verstehen, während der Beobachtende sie absolut nicht mehr hört, sondern nur noch an den Mundbewegungen das Sprechen sieht.

Das zweite auffallende Phänomen betraf das eigene, enorm viel lautere Hören aller Muskelgeräusche. Sogleich beim Untertauchen bemerkte ich einen tiefen anhaltenden Ton, der in unregelmässiger Periodicität mit Geräuschen, deren Grundtöne sehr nahe liegen mussten, vermischt wurde. Sehr bald erkannte ich, dass die periodischen Schwankungen des Geräusches von den Bewegungen meines Kopfes abhängig waren. Um mich nun noch genauer zu überzeugen, dass das von mir mit bedeutender Resonanz gehörte Muskelgeräusch wirklich durch die Contractionen der Muskeln bedingt war, erregte ich verschiedene Muskelgruppen willkürlich und konnte dadurch meine Voraussetzung auf's Schlagendste bestätigen. Von einer Contraction meiner Kaumuskeln musste ich absehen, weil ich den

1) Die vollständige Entfernung aller Luft ist, wie ich mich überzeugte, durchaus nothwendig, um das Resultat des Experimentes in allen Punkten bestätigen zu können.

Respirationsschlauch im Munde hielt; dagegen brachte aber jede Vibration meines Musc. orbicularis palpebrarum eine entsprechende Anschwellung des continuirlichen Tones hervor, welche mit dem Nachlassen der Contraction wieder abschwoll. In gleicher Weise prüfte ich den M. Frontalis, die Zygomatici, die Nasen-, Hals- und Nackenmuskeln. Es war mir nicht möglich, meine sämmtlichen Körpermuskeln so sehr zu erschlaffen, um das mir so bekannte Geräusch gar nicht mehr zu hören. Auch wenn mir das für die übrigen Muskeln gelungen wäre, so würde doch immer noch die Thätigkeit der Lippenmuskulatur, zur Haltung des Respirationsschlauches, und die Muskulatur der, die Nase schliessenden Hand übriggeblieben sein, um eine ausreichende Quelle der Tonerzeugung zu bilden.

Als ich vor $3^1/_2$ Jahren dieses Experiment zum ersten Male anstellte, habe ich wohl denselben Ton gehört; ich kannte jedoch damals das Muskelgeräusch kaum dem Namen nach, so dass ich einen Hauptwerth dieses Experimentes erst bei den letzten Wiederholungen erkennen konnte. Ich werde weiter unten noch einmal auf den Werth dieser Beobachtung zurückkommen. Erwähnen will ich noch, dass ich während meines letzten Experimentes die Töne meines etwas aufgeregt pulsirenden Herzens sehr deutlich hörte, und zwar hörte ich die Systole gleichsam als eine periodische Anschwellung des Muskeltons, während der diastolische Ton davon abwich; letzterer lag offenbar höher, jedoch bei weitem nicht so hoch und erschien nicht mit jenem Timbre, wie man ihn stethoscopisch bei Anderen zu hören gewohnt ist.

Was nun die Hörfähigkeit für verschiedene Schallquellen anbetrifft, so wurden die Proben der vorigen Versuchsreihe wiederholt und es ergab sich im Wesentlichen das gleiche Resultat, nur dass qualitiv das Hören verändert war.

Die unter Wasser nicht mehr gehörte, in der Luft tönende Stimmgabel konnte ich noch bis zu einer Entfernung von 17 Centimeter hören, wenn ich Nase und Mund aus dem Wasser hervorhielt. Der durch feste Körper und durch den eigenen Körper dem Ohr zugeleitete Ton der abklingenden Stimmgabel wurde ebenso stark gehört, als wenn Luft in den Ohrgängen enthalten war. Auch hier war die abgeschwächte Leitung durch die obere Extremität, im Verhältniss zur unteren, sehr auffallend.

Das Ticken der Taschenuhr in der Luft hörte ich beim Untertauchen gar nicht, auch dann nicht, wenn sie der Nasenöffnung auf's Aeusserste genähert ward. Sobald aber die Uhr unter Wasser gehalten ward, hörte ich sie bis zu einer Entfernung von 14 C.-M.

Nahm ich die Uhr zwischen die Zähne, so hörte ich das Ticken sehr deutlich; ebenso von allen Theilen der Schädeldecke aus; die äusserste Grenze des Hörbaren bei directer Anlagerung war der siebente Halswirbeldornfortsatz. Vom Nasenbein aus wurde sie noch schwach, vom Nasenknorpel aus nicht mehr gehört.

Wenn flüsternd zu mir gesprochen wurde, so hörte ich wohl einzelne die Sprache componirende Geräusche, aber ich war nicht im Stande die Flüstersprache zu verstehen, weder dann, wenn ich völlig untertauchte, noch dann, wenn der Sprechende dicht vor meinem emporgehaltenen, geöffneten Munde sprach.

Um nun noch den Einfluss des gesteigerten Druckes zu bestimmen, wurden zwei mit einem Esmarch'schen Irrigator in Verbindung stehende Gummischläuche, während das Wasser aus ihnen ausfloss, unter Wasser in die mit Wasser gefüllten Gehörgänge dicht eingeführt und dann der Irrigator erhoben. Als die auf den Trommelfellen lastende Wassersäule 72 C.-M. betrug, trat ein leichtes Druckgefühl ein, welches sich auf dem linken Ohre zu einem geringen Schmerzgefühl zu steigern anfing, als die Säule 126 C.-M. mass. Begreiflicherweise wurde unter diesem Druck nicht lange experimentirt, aber es konnte doch constatirt werden, dass ich für die Sprache durchaus nicht schwerhöriger war, als bei geringerem Druck, was ich deshalb hervorhebe, weil Politzer[1]) geneigt ist, die vorübergehende Schwerhörigkeit während des Gähnens für eine Folge erhöhten Labyrinthdruckes zu halten, hervorgerufen durch eine mit dem Gähnact zusammenfallende unwillkürliche Contraction des Tensor tympani. Ich will hier nicht auf diesen letzten Punkt eingehen, aber ich beziehe die Schwerhörigkeit beim Gähnact allein darauf, dass das Muskelgeräusch bei demselben so sehr Alles übertönt, dass die entferntere Schallquelle der Sprache des Nebensitzenden undeutlicher gehört wird. Allerdings gehört zur richtigen Würdigung des so oft unwillkürlich gehörten Muskelgeräusches strenge Aufmerksamkeit und gute Uebung. Auch die Deutung des Ohrenklingens, als eine Wirkung der Zunahme des positiven Druckes im Labyrinthe, welche Lucae[2]) gegeben hat, wird durch diesen Versuch nicht bestätigt; es gelang meiner strengsten Aufmerksamkeit nicht, dieses „hohe, leise Klingen" während des Druckes wahrzunehmen. Auch nach diesem Versuch blieb jede subjective Gehörsempfindung aus.

Als ich zum ersten Male unvorsichtiger Weise mit kaltem Wasser experimentirte, entstand gleich nach dem oben beschriebenen Versuche ein entotisches Geräusch, welches ungefähr zwei Minuten anhielt. Dasselbe war einem Glockenton von mittlerer Tiefe vergleichbar, und habe ich die Ursache desselben in einer tetanischen Contraction des Musculus tensor tympani zu finden gesucht. Wenn meine Voraussetzung richtig ist, so erregte in diesem einzigen Falle die Muskelcontraction einen wirklich reinen Ton, dem alle Beimischung von Geräuschen fehlte. Dieser Ton lag offenbar viel höher, als der dem sonst gehörten Muskelgeräusch eigenthümliche Grundton. Ich habe diesen nur einmal erlebten Tetanus als eine Reflexwirkung der abnorm gereizten sensiblen Nerven des Gehörgangs aufgefasst. Um nach dieser Abschweifung wieder auf mein Experiment zurückzukommen, habe ich noch zu erwähnen, dass der negative Druck auf das Trommelfell wesentlich anders wirkt, als der positive. Während, wie schon gesagt, beim Erheben des Niveaus im Irrigator über eine durch das Trommelfell gelegte horizontale Ebene erst bei 72 C.-M. ein leichtes Druckgefühl entstand, und erst eine Steigerung des Druckes von 126 C.-M. ein geringes Schmerzgefühl im linken Ohre bewirkte, war die Senkung des Niveaus unter diese Ebene schon von Anfang an unangenehm, und es steigerte sich

---

1) Politzer. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft I. pag. 24.
2) Lucae. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft I. pag. 39.

dieses Gefühl schon bei 32 C.-M. Senkung zum Unerträglichen in beiden Ohren.

Um noch zu prüfen, in wie weit das Trommelfell durch die einseitige Wasserbelastung in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt sei, liess ich im Irrigator Geräusche erzeugen, welche durch die Wassersäule im Schlauche fortgepflanzt, das Trommelfell treffen mussten. Dazu wurde eine weite Glasröhre benutzt, in welcher eine Bleikugel an einem Faden hing. Wurde diese schlecht nachgeahmte Glocke mit Wasser gefüllt, im Irrigator hin- und herbewegt, so hörte ich den klappenden Ton durch die ungefähr $1^1/_2$ Meter lange Wassersäule sehr deutlich. Gleichfalls deutlich hörte ich das Geräusch, welches dadurch erzeugt wurde, wenn der Inhalt einer Spritze in das Wasser des Irrigators gespritzt wurde, aber ich hörte den einzelnen auf die Oberfläche fallenden Wassertropfen nicht mehr.

Dieses letzte Experiment kann nur untergeordneten Werth haben, da es nach früheren Versuchen bekannt ist, dass feste Körper, welche eine Flüssigkeitssäule einschliessen, die Schallwellen der letzteren sehr gut zu resoniren vermögen.[1]) Allerdings hörte ich das Anschlagen der Bleikugel an die Glasröhre nicht als einen an den Wänden des Irrigators erregten Ton, und wenn ich somit auch ein Mittönen der durch die haltende Hand gedämpften Irrigatorwände ausschliessen kann, so bleibt doch immer noch die Uebertragung durch den Kautschukschlauch an die Wände des Gehörganges als ein das Experiment trübendes Moment übrig.

Ueber einige entotische Geräusche.

Das bereits im vorigen Abschnitte erwähnte Geräusch, welches durch die von der Hand gehaltenen Sonde dem Ohre zugeführt wird, führte uns auf das schwierige Gebiet der sogenannten subjectiven Geräusche, über welche viele Versuche angestellt wurden.

Ausgehend von pathologischen Erfahrungen erzeugte Harless[2]) ein dumpfes Sausen im Ohre, wenn er den Finger in den Gehörgang einführte. Er nahm dann zweierlei wahr: „ein Geräusch, ganz ähnlich dem Sausen, welches uns aus einer vor das Ohr gehaltenen Muschel zu kommen scheint, und unter günstigen Bedingungen einen Klang, welcher zuerst mit grösseren Intervallen wie das Picken einer Taschenuhr auftritt, bei tieferem Einführen des Fingers aber continuirlich wird."

Nachdem Harless den Werth der allgemein angenommenen Deutung, dass das Sausen durch Luftströmungen bedingt sei, besprochen, sucht er die weiteren Ursachen dieser Geräusche in den Stimmbändern und in den Strömungen des Blutes, weil das Geräusch noch fortdauert, wenn der Gehörgang so fest verstopft wird, dass eine Luftströmung nicht mehr stattfinden kann und weil das durch den Consonanten Ch characterisirte Geräusch mit den Respirationsbewegungen zusammenfällt, während das in den Pausen fortdauernde Geräusch den Consonanten F hat. Harless warnt davor,

1) Harless. Artikel „Hören" im Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. pag. 339.
2) Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. pag. 413.

den Verschluss mit dem Finger zu bewerkstelligen, weil dadurch ein klingender Ton erzeugt werde, welcher als der „Grundton des Trommelfells“ zu betrachten sei.

Durch die mir erworbene Fähigkeit, meinen Musculus tensor veli palati willkürlich isolirt zu contrahiren und längere Zeit in tetanischer Contraction zu erhalten, habe ich eine genaue Kenntniss des durch jene Contraction erzeugten Muskeltones, den ich bei offenen Gehörgängen fast besser höre, als bei geschlossenen, erlangt. Ausserdem ist ja ein Jeder im Stande, bei verschlossenen Gehörgängen den Ton seiner contrahirten Kau-, Gesichts- und Halsmuskeln zu hören.[1]) Mit der Kenntniss dieses Tones ist es nicht schwer die Aehnlichkeit des Grundtons jenes continuirlichen Geräusches zu constatiren, welches der in den Ohrgang eingeführte Finger erzeugt, und es liegt nahe die Finger- und Armmuskeln als Schallquelle dafür in Anspruch zu nehmen. Schliesst man den Gehörgang durch ein anderes Medium, (ich bediene mich am besten einer konisch zugeschmolzenen Glasröhre, über welche ein mit der Scheere zugeschärfter Kautschukschlauch geschoben wird) so ist es wesentlich von der Ruhe oder Thätigkeit der Hals- und Kopfmuskeln abhängig, ob das Geräusch verschwindet, schwach oder stark hörbar wird. Vermuthlich ist es dieses Geräusch, welches für Harless durch den Consonanten F characterisirt war. Ich habe diese Eigenthümlichkeit des Geräusches nicht constatiren können, wohl aber seine Fortdauer während der Respirationspausen. Das von mir nie vermisste, mit der Respiration synchronische Geräusch, welches als characteristischen Consonanten Ch hat, ist unzweifelhaft durch die Reibung erzeugt, welche die Luft im Nasenraum erfährt. Man hört dasselbe bei offenen Ohrgängen nur dann, wenn der Nasenraum durch Schwellung der Schleimhaut beengt ist, oder wenn man die Respirationsbewegungen forcirt. Und beim ruhigen Athmen gehört zu werden, bedarf es der Resonanz im geschlossenen Gehörgange. Dass dieses Geräusch nicht an den Stimmbändern, wie Harless annimmt, erzeugt wird, geht einfach daraus hervor, dass es verschieden ist, ob ich durch die Nase oder durch den Mund respirire.

So oft ich auch nach starken geistigen Anstrengungen und psychischen Aufregungen während der Nachtruhe die vom Herzen fortgepflanzten nicht nur systolischen, sondern auch diastolischen Herztöne durch die Carotidenpulsation gehört habe, so bin ich doch ausser Stande, durch einfachen Verschluss der Ohrgänge ein Geräusch hörbar zu machen, welches ich auf die Strömungen des Blutes beziehen könnte. Bei einfach obturirten Gehörgängen hängt es von der relativen Ruhe der Kopf- und Halsmuskeln ab, ob man die durch ihre molecularen Bewegungen erzeugten Schwingungen kaum, schwach oder stärker hört. Stärker hört man den Muskelton, wenn man die Kau- und Gesichtsmuskeln in Contraction versetzt; am stärksten jedoch, wenn man die Finger der Hand an den Obturator legt. Dieses dem Ohre zugeleitete Muskelgeräusch der Hand ist übrigens von einem anderen unregelmässigen Geräusch unterbrochen, welches einen krachenden, bei stärkerer Compression einen mehr klingenden Character an sich trägt, und

1) Vgl. Helmholtz. Mittheilung in den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1864. Mai.

dessen Grundton entschieden sehr hoch liegt. Durch starkes Einpressen des Obturators in den Gehörgang ist man Stande, das ursprüngliche Muskelgeräusch unhörbar zu machen, während man dann die begleitenden krachenden und klingenden Geräusche isolirt sehr deutlich hört und im Stande ist zu beachten, dass sie von den Bewegungen der Finger und Hand abhängig sind, mit grösster Wahrscheinlichkeit also die Quelle dieser Geräusche in den Gelenken und Sehnenscheiden derselben zu suchen ist. Ich glaube, dass diese Erklärung näher liegt, als diejenige, welche Harless dadurch zu geben suchte, dass er den hohen Klang jener Geräusche als den „Grundton des Trommelfells" ansprach, dessen Periodicität durch die „Vibrationen des Fingers" bedingt sei.[1]) Wenn beim starken Einpressen des Obturators in den Ohrgang die Luft verdichtet, mithin das Trommelfell stärker gespannt wird, so ist es nach den Erfahrungen Wollaston's und Johannes Müller's[2]) leicht erklärlich, dass das Ohr für den tiefen Muskelton taub wird, während der hohe in den Gelenken erzeugte Ton mit grosser Deutlichkeit intensiv übertragen wird. So überzeugte auch ich mich, dass ich bei obturirten Gehörgängen, wobei eine gewisse Compression der Luft nicht auszuschliessen ist, das tiefe Geräusch des eigenen Fusstrittes gewissermassen besser fühlte als hörte, dass ich das dumpfe Dröhnen vorbeifahrender Lastwagen kaum, dagegen den bekannten hohen Ton einer Schaar vorbeifliegender Mauerschwalben fast intensiver als mit offenen Ohren hörte. Ebenso verhielt sich das geschlossene Ohr vielen andern tiefen und hohen Schallquellen gegenüber. Bequemer ist die Obturation des Gehörganges mit nachfolgender Compression der Luft durch einen luftdicht eingeführten, mit einem Ballon in Verbindung stehenden Gummischlauch auszuführen. Das blosse Erfassen des Gummiballons genügt, um den tiefen Muskelton der Hand dem Ohre zuzuführen; bei stärkerer Compression mit der Hand wird man dann leicht meine übrigen oben gemachten Angaben bestätigen können. Verwendet man aber zur Compression des Gummiballons, anstatt der Hand, irgend eine andere Vorrichtung, bei möglichster Vermeidung aller accessorischen Geräusche, so wird man wohl die stärkere Spannung des Trommelfells fühlen, man wird sich jedoch überzeugen, dass die beschriebenen Muskel- und Gelenkgeräusche fehlen.

Was noch speciell „das bekannte und oft bezweifelte" Muskelgeräusch anbetrifft, so ist die Höhe des Grundtons des musikalischen Theils desselben von Hanghton[3]) als ein Ton von 32—36 Schwingungen bestimmt worden. Bald darauf hat Helmholtz[4]), in Uebereinstimmung mit Wollaston, für den Grundton seiner Kaumuskeln 35—36 Schwingungen angenommen. Nach neueren Untersuchungen von Helmholtz[5]), welche ergaben, dass

---

1) a. a. O. pag. 414.

2) Müller's Physologie Bd. II. pag. 437.

3) Outlines of a new theory of muscular action, being a thesis read for the degree of Doctor in Medicine etc. London 1863.

4) Monatsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Mai 1864.

5) Heule, Keferstein und Meissner. Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie. 1867.

sich die Muskeln nur 18—20 Mal in der Secunde zusammenziehen, ist der gehörte Muskelton als der erste Oberton desjenigen Grundtons zu betrachten, dessen Schwingungszahl durch die Zahl der Contractionen bedingt ist, der aber, seiner geringen Schwingungszahl halber, nicht mehr als Ton empfunden werden kann.

Darauf folgende Untersuchungen, welche den Zweck hatten, einen Eigenton des schallleitenden Apparates zu bestimmen, führten Helmholtz dazu, den Muskelton für den durch die Muskelcontraction erregten Resonanzton des eigenen Ohres zu erklären.[1]) Wir haben gefunden, dass der contrahirte Daumenballen, wenn wir ihn seine Schwingungen aufschreiben liessen, 12—13 Wellen in der Secunde zeichnete.[2]) Eine Bestimmung der Tonhöhe des Muskeltons gelang uns nicht.

Das Ergebniss meiner Experimente über das Hören im Wasser, bei mit Wasser gefüllten Gehörgängen (s. oben), stimmt mit der Hypothese von Helmholtz, dass der für den Muskelton gehaltene Ton, resp. dessen Grundton ein durch unregelmässige Erschütterungen der Muskeln hervorgebrachter Eigenton oder Resonanzton des Trommelfells, oder des ganzen schallleitenden Apparates sei, auf dessen Höhe die Spannung des Trommelfells einen Einfluss habe,[3]) nicht überein. Wenigstens fällt vom „ganzen schallleitenden Apparat" der Gehörgang aus, und das Trommelfell ist wesentlich in seinen Schwingungen modificirt, so dass die Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen und der in ihr und ihren Nebenhöhlen enthaltenen Luft allein unverändert bleibt, deren Eigenton, durch die Muskelcontractionen erregt, dem fraglichen Muskelgeräusche entsprechen würde. Da es das Trommelfell nicht sein kann, welches durch den adäquaten Reiz der Muskelvibrationen erregt, seinen Eigen- oder Resonanzton dem Hörnerven zuführt, dafür spricht die wesentliche Modification seines normalen Verhaltens durch die einseitige Wasserbelastung. Dass durch seine stärkere Spannung — die auf dem Trommelfell lastende Wassersäule war ungefähr $^1/_2$ Meter hoch — der Muskelton erhöht wird, ist möglich, und ich muss gestehen, dass es mir sogar so schien. Gleichzeitig muss ich jedoch offen bekennen, dass mein Gehör weder die Fähigkeit noch Uebung besitzt, in rein musikalischen Fragen meinem Urtheil die erforderliche Kritik für die genaue Unterscheidung zu bieten.

Mit Bestimmtheit kann ich nur behaupten, dass der Muskelton — ich wählte zu einer speciellen Prüfung die Gesichtsmuskeln — bei mit Wasser belastetem Trommelfell enorm viel särker gehört wird, als in jeder andern Art seiner Hörbarmachung. S. Note No. 1.

---

1) Meissners Bericht 1867. pag. 486 u. 611.

2) Eine Glasröhre ward an ihren beiden erweiterten Oeffnungen mit zwei Membranen versehen und unbeweglich vor einem geschwärzten drehbaren Cylinder befestigt. Auf die eine Membran ward eine schreibende Feder geklebt, an die andere der contrahirte Daumenballen gelegt, und nun nach den Schwingungen einer gleichfalls schreibenden Stimmgabel die Geschwindigkeit und die Zahl der durch die Contraction bewirkten Wellen gezählt. Vielleicht war der Tetanus des Muskels nicht genügend entwickelt. Die Curve war zwar regelmässig, die Excursionen der Feder aber nur sehr klein, es ist daher der Gegenstand nicht weiter verfolgt worden.

3) Meissners Bericht pag. 486.

Wenn ich nun noch des bekannten knackenden Geräusches im Ohre erwähne, so geschieht dies, weil es mir im Laufe meiner Untersuchungen gelang, dasselbe willkürlich zu erzeugen.

Bis zum Jahre 1862 hat man dieses Geräusch fast allgemein für die Contractionswirkung des M. tensor tympani gehalten. Johannes Müller[1]), welcher dasselbe in beiden Ohren willkürlich erzeugen konnte, beschreibt es wie folgt: „Das Geräusch besteht in einem Knacken, wie das Knistern des electrischen Funkens, oder wie wenn man die klebrig gemachte Fingerspitze auf Papier drückt und dann plötzlich abzieht.“ Er konnte es auch für Andere theils mit, theils ohne Kunsthülfe bis auf 3 Fuss Entfernung hörbar machen Er sucht den Beweis zu führen, „dass dieses Geräusch wirklich durch die Zusammenziehung des Tensor tympani und seine Wirkung auf das Trommelfell hervorgebracht wird, indem er es nach innen zieht, was einem Stoss von aussen gleich ist.“ Dasselbe ihm „so wohlbekannte Knacken“ hörte Müller auch zuweilen, wenn er bei Schliessung der Nase und des Mundes Luft durch die Tube trieb, in demjenigen Momente, wo er mit dem Drucke nachliess, wo also das Trommelfell wieder in seine Lage kommt. Auch dieser Ton konnte von einer zweiten Person gehört werden. Beim jedesmaligen willkürlichen Knacken wurde der weiche Gaumen erhoben. Diese Thatsache führte ihn der richtigen Erklärung sehr nahe. Weil er jedoch bei hocherhobenem Gaumen auch noch im Stande war, das Knacken willkürlich zu erzeugen, hauptsächlich aber, weil das Geräusch auch von Andern auf mehrere Fuss Entfernung gehört werden konnte, bezog er dasselbe auf die Wirkung einer willkürlichen Contraction des M. tensor tympani.

Das Geräusch dürfte mehr oder minder jedem Menschen bekannt sein, welcher seine Aufmerksamkeit darauf richtet, da es beim Gähnen, Schlucken, Kauen, Niesen, Schnäuzen immer, resp. häufig, unwillkürlich eintritt.

Fabricius von Aquapendente war der Erste, welcher dasselbe willkürlich erzeugen konnte und beschrieb.[2]) Auch er hielt es für die Wirkung einer Bewegung des Hammermuskels. Dasselbe that Harless[3]), glaubte jedoch nach Experimenten an der Leiche eine bessere Erklärung als Müller geben zu können, indem er durch Drehung des Hammerkopfes, im Sinne der Tensorwirkung, eine Falte im Trommelfell erzeugte, deren Ausgleichung jenes Geräusch hervorbringen sollte. Funke[4]) vermuthet, dass das knackende Geräusch, analog dem plötzlichen Dehnen eines Fingers, auf das rasche Auseinanderweichen der Gelenkflächen zwischen Hammer und Ambos zurückzuführen sei, demnach also nur bei erschlafftem Hammermuskel eintreten könne, weil er es nicht, wie Müller, am Schlusse, sondern im Beginne des Valsalva'schen Versuches hört, wo bekanntlich das Trommelfell und mit demselben der Hammergriff durch den Luftdruck nach aussen getrieben wird.

---

1) Handbuch der Physiologie. Bd. II. pag. 439.
2) C. G. Linke. Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde. Leipzig 1837. Bd I. pag. 472.
3) Handwörterbuch der Physiologie. Band IV. pag. 415.
4) O. Funke. Lehrbuch der Physiologie. 4. Aufl. Bd. II. pag. 132.

Nach J. Ranke[1]) scheint das knackende Geräusch vielfach als Muskelgeräusch gedeutet zu sein.[2]) Indem er diese Ansicht verwirft, lässt er das Geräusch gleichfalls durch die plötzliche Spannung des Trommelfells bei der Contraction des Tensor tympani entstehen.

H. v. Luschka, welcher ebenfalls im Stande ist, jenes „knitternde" Geräusch willkürlich zu erzeugen, erklärte dasselbe auch für das Ergebniss der willkürlichen Bewegung des Trommelfells, bis er den wahren Sachverhalt entdeckte.

Anatomische Untersuchungen haben Luschka dazu geführt, das Geräusch jetzt davon abzuleiten, dass durch die Gaumenmuskulatur, zunächst und hauptsächlich durch den Musculus tensor veli, die membranöse Wand der Tuba von der knorpeligen rasch abgezogen wird.[3]) Er unterstützt diese Ansicht dadurch, dass mit der jedesmaligen Erregung des Geräusches stets eine Bewegung des Gaumensegels verbunden ist, sowie dadurch, dass von Tröltsch durch die directe Inspection nicht die geringste Bewegung des Trommelfells bei ihm wahrnehmen konnte.

Gleichzeitig und unabhängig von Luschka hat Adam Politzer[4]) zuerst den experimentellen Beweis geliefert, dass die knorpelige Tuba Eustachii der Entstehungsort dieses Geräusches sei, dadurch hervorgerufen, dass durch die Contraction des Musculus tensor veli, oder wie Tröltsch ihn bezeichnet, des Abductor tubae, die sich gegenüber dicht anliegenden Schleimhautflächen der Ohrtrompete plötzlich von einander entfernt werden. Eine damit verbundene Trommelfellbewegung konnte auch Politzer nicht nachweisen. In einem Falle, wo das knackende Geräusch unwillkürlich und räthselhafter Weise isochronisch mit dem Pulse und mit Bewegungen des Kehlkopfs und der Gaumenklappe auftrat, konnte Boeck[5]) die Angaben Luschka's und Politzer's durch die Rhinoscopie am Lebenden bestätigen. Er sah, wie die vordere Lippe der Ohrtrompete von der hintern abgezogen wurde, und wieder an dieselbe rückte.

Die Zahl derjenigen Menschen, welche befähigt sind, durch willkürliche Contraction des Musculus abductor tubae ihre Tuba Eustachii zu öffnen, ist ohne Zweifel grösser, als man bisher annahm. Ausser mir sind meines Wissens in Kiel noch Herr Prof. Esmarch und die Commilitonen Baumeister, Ochsen, Heussner und Petersen im Stande, jenes Knacken willkürlich zu erzeugen und durch ein Otoskop für Andre hörbar zu machen. Auch Herr Prof. Hensen gewinnt mehr und mehr die Fähigkeit, dasselbe seinem Willen zu unterwerfen.

Wir Beide hatten es gelernt, indem wir die Erfahrung benutzten, dass es im Vorstadium des Gähnens auftritt, und um es zunächst hervorzurufen, muss man sich bemühen, den Gähnact künstlich einzuleiten. Wenn das

1) Johannes Ranke. Grundzüge der Physiologie des Menschen. Leipzig 1868. pag. 713.

2) Ich habe eine derartige Deutung in der mir zugänglichen Literatur nicht finden können.

3) Luschka. Die Anatomie des menschlichen Halses. Tübingen 1862. pag. 212.

4) Schwartze. Die wissenschaftliche Entwicklung der Ohrenheilkunde. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. I. Heft 1.
Politzer's Originalarbeit (Wiener Medicinalhalle 1862. Nr. 18) war durch den Buchhandel nicht mehr aufzutreiben.

5) Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. II. Heft 3.

Geräusch bei mir während des Kauens unwillkürlich auftritt, so geschieht es in demjenigen Momente, wenn ich die Kiefer ein Weniges von einander entfernt habe. Beim weitesten Aufsperren des Mundes bin ich nur selten im Stande, das Geräusch mehr als einmal zu erzeugen, während ich den Ton des sich willkürlich contrahirenden Muskels deutlich höre; wie es scheint, wird in dieser Kieferlage die Tuba dauernd offen erhalten. Eine starke Beugung des Kopfes nach hinten begünstigt für den Ungeübten die willkürliche Herstellung des Geräusches; und ich bin geneigt, dies durch eine stärkere Spannung der Fascia salpingo-pharyngea zu erklären, da von ihr einzelne Fasern des M. abductor tubae ihren Ursprung nehmen. [1])

Der aufmerksame Beobachter wird indessen das knackende Geräusch nicht herstellen können, ohne kurz vorher und während desselben das Geräusch des thätigen Muskels zu hören [2]); er braucht dem Willensimpulse nur einige Dauer zu verleihen, um den Muskelton auch noch nach dem Knacken beliebig länger zu hören, ja es ist von seinem Willen abhängig, diesen Ton an- und abschwellen zu lassen. Es ist, meines Wissens, diese willkürlich erzeugte Muskelcontraction die einzige, welche ohne Kunsthülfe, also bei offnen Ohren gehört werden kann, welche sogar bei mir eine mindestens ebenso starke, wenn nicht noch stärkere Gehörsempfindung bewirkt, als es bei geschlossenen Ohren durch die Contraction der Kaumuskeln geschieht. Johannes Müller kannte schon diesen „brummenden" Muskelton, von dem er sagt, dass er „auch mit Erhebung des Gaumensegels entsteht, und von der Zusammenziehung der Gaumenmuskeln herzurühren scheint" [3]). Aber es war ihm entgangen, dass dieser Ton dem knackenden Geräusch vorherzugehen und dasselbe zu begleiten pflegt. Fabricius konnte das knackende Geräusch nur gleichzeitig in beiden Ohren erzeugen; Müller dagegen war im Stande, seinen willkürlichen Einfluss auf das linke Ohr zu isoliren. Bei mir sind stets, wie ich aus dem in beiden Ohren gleich lauten Muskelgeräusch erschliesse, auf beiden Seiten die Abductoren der Tuba thätig; es hat auf der linken Seite jedoch diese Thätigkeit nur in der Hälfte bis zwei Drittheilen der Contractionen den Effect eines knackenden Geräusches.

Während ich das knackende Geräusch erzeugte, beobachtete Hensen, dass mein weicher Gaumen in toto etwas gehoben ward; es gelang ihm jedoch nicht, die geringste Veränderung in dem Lichtkegel des Trommelfells wahrzunehmen.

Was die Vergleichung des knackenden Geräusches, wie es die willkürliche plötzliche Tubeneröffnung bedingt, mit denjenigen Geräuschen anbetrifft, welche am Schlusse des Valsalva'schen Versuches gehört werden, so war diese Vergleichung nur zulässig, so lange man glaubte, dass das Knacken durch die Contraction des Trommelfellspanners bewirkt und am Trommelfelle selbst erzeugt werde. Die Vergleichung Funke's war desshalb nicht glücklich gewählt, weil doch für die Bewegung des Trommelfells

---

1) v. Tröltsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Auflage. pag. 158.

2) Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass Hensen gleichfalls das Muskelgeräusch beim Oeffnen der Tuba hört; dass es aber zuweilen so sehr bei ihm zurücktritt, als ob es ganz fehlte.

3) Handbuch der Physiologia. Bd. II. pag. 440.

nach aussen jegliches anatomische Subtrat fehlt, über welches der menschliche Wille eventuell gebieten könnte. Müller will dasselbe Geräusch in dem Momente gehört haben, wo er mit dem Druck der Trommelhöhlenluft nachliess. Das Geräusch, welches ich am Schlusse des Valsalva'schen Versuches höre, ist ein sehr schwaches, ganz characterloses. Dagegen höre ich in demjenigen Augenblick, wo ich die Luft in die Trommelhöhle einpresse,[1]) das den Ohrenärzten so bekannte Anschlagegeräusch[2]) (bruit de pluie, Deleau) mit feuchtem Character. Wenn dieses Anschlagegeräusch bei Funke einen mehr trocknen oder harten Character hat, so konnte ihn das — mit alleiniger Rücksicht auf die Aehnlichkeit — wohl berechtigen, dasselbe mit dem Müller'schen „Knacken" zu identificiren. Auch hat die Erklärung Funke's, welche das von ihm gehörte Geräusch in das Hammer-Ambosgelenk verlegt, viel für sich, da man sich am Präparate leicht überzeugen kann, wenn man durch Luftverdünnung im Gehörgange das Trommelfell nach aussen drängt, dass das Gelenk eine bedeutende Excursion des Hammerstiels nach aussen gestattet, ohne den Ambos in diese Bewegung hineinzuziehen[3]).

Die Deutung, welche Harless gab, ist durch die Ohrspiegel-Inspection leicht zu widerlegen.

Wenn nun auch über die Entstehung des knackenden Geräusches kein Zweifel mehr besteht, so ist die Frage noch nicht als erledigt zu betrachten, ob mit der Contraction der Gaumenmuskulatur, in specie des Tensor veli, gleichzeitig auch der Tensor tympani sich zusammenzieht.

Anatomische Untersuchungen von Tröltsch[4]) und Rüdinger[5]) haben es zuerst wahrscheinlich gemacht, dass zwischen den beiden genannten Muskeln eine stete Verbindung bestehe. Mayer[6]) und Kessel[7]) dagegen wollten diese durch eine Sehne vermittelte Verbindung nicht nur als eine constante angesehen wissen, sondern sie bemühten sich nachzuweisen, dass der M. tensor veli mit dem M. tensor tympani zusammen als ein zweibäuchiger Muskel aufzufassen sei, welcher den einen Ansatzpunkt am weichen Gaumen, den andern am Hammergriffe habe, und dessen Contraction synergisch in beiden Bäuchen vor sich gehe.

Die Ohrspiegeluntersuchungen von Tröltsch bei Luschka und von Hensen bei mir bieten der Hypothese von der Synergi beider Muskeln keine Stütze. Auch die Prüfung meiner Trommelfellbewegung, mittelst meines oben beschriebenen Sondenapparates, gab ein negatives Resultat.

---

1) Dabei bin ich gezwungen, den rechten untern Thränenpunkt durch Fingerdruck zu schliessen, weil sonst die comprimirte Luft zischend durch denselben entweicht. — Vgl. Tröltsch. Lehrbuch pag. 196. Anmkg.

2) Tröltsch. Lehrbuch pag. 182.

3) Wenn Boeck (Archiv für Ohrenheilkunde) Funke gegenüber betont, dass zur Bestätigung seiner Vermuthung dasselbe Geräusch bei jeder Luftdouche entstehen müsse, so ist hier doch wohl die Annahme individueller Verschiedenheit zulässig.

4) v. Tröltsch. Die Anatomie des Ohres. pag. 91.

5) Rüdinger. Ein Beitrag zur Anatomie und Histologie der Tuba Eustachii. München 1865. pag. 10.

6) Ludwig Mayer. Studien über die Anatomie des Canalis Eustachii. München 1866.

7) Kessel. Vorläufige Mittheilung. Archiv für Ohrheilkunde. Bd. III. Heft 4.

Die kleinen Pendel und der Fühlhebel zeigten keine, dem knackenden Geräusch synchronische Bewegung.

Diesen negativen Beobachtungen gegenüber steht eine positive in einem allerdings pathologisch getrübten Falle, welcher die gleichzeitige Contraction des Tensor tympani beim Gähnact bestätigte [1]). Andrerseits ist ein pathologischer Fall von Schwartze [2]) mitgetheilt, wo bei klonischen Krämpfen des Tensor tympani unwillkürlich und gleichzeitig die Gaumenklappe gehoben wurde; ferner beobachtete Politzer [3]), synchronisch mit der willkürlichen Contraction des Tensor tympani eines wiener Arztes, ein Emporrücken des Gaumensegels; während Lucae [4]) bei den von ihm beobachteten Fällen willkürlicher Contraction des Tensor tympani darüber keine Angabe macht. Dagegen erfahren wir durch Schwartze (a. a. O. pag. 5), dass auch Lucae während des willkürlich erzeugten knackenden Geräusches, wie es „ziemlich viele Menschen" hervorzubringen fähig sind, übereinstimmend mit v. Tröltsch und Politzer, nie die geringste Bewegung am Trommelfelle wahrnehmen konnte.

Schliesslich will ich noch erwähnen, dass ich das willkürlich erzeugte Knacken, während des Badeversuches bei mit Wasser gefüllten Ohrgängen, leiser und scheinbar vereinfachter hörte, als ich es unter anderen Bedingungen zu hören gewöhnt war.

Versuche über den Mechanismus und die Schwingungen der Gehörknöchelchen.

Ahmt man durch Sondendruck, oder besser durch Luftcompression die Bewegungen des Trommelfelles an einem Präparate nach, an welchem die Paukenhöhle so eröffnet ist, dass man die mit ihren Ligamenten und Muskeln unverletzten Gehörknöchelchen gut übersehen kann, und an welchem ferner das Labyrinth so weit fortgenommen wurde, dass die Steigbügelplatte frei vorliegt, ohne das Periost der lateralen Wand des Vestibulum verletzt zu haben, so kann man vollständig den Bewegungsmechanismus des Schallleitungsapparates überblicken. Man wird dieses noch um so besser können, wenn man in der unten näher anzugebenden Weise Glasfäden auf die drei Gehörknöchelchen festkittet. Man bemerkt dann, dass die in der günstigsten Richtung, parallel dem langen Fortsatz, befestigte Ambossonde etwa um die Hälfte kleinere Excursionen macht, als die in der Richtung des Griffes befestigte Hammersonde. Die Sonde, welche perpendiculär auf die Steigbügelplatte gesetzt ist, oder parallel ihrer Fläche in der Richtung des kleinen Durchmessers, zeigt kleinere aber doch sehr deutliche Excursionen, welche nicht im Sinne einer Stempelbewegung, sondern im Sinne einer Drehbewegung um die lange Axe der Platte zur Beobachtung gelangen.

---

1) Politzer, ebendaselbst Bd. IV. Heft 1.
2) Schwartze, ebendaselbst Bd. II. Heft 1.
3) Politzer, ebendaselbst Bd. IV. Heft 1.
4) Lucae, ebendaselbst Bd. III. Heft 3.

Es entspricht dieser Befund den Angaben, welche Henke [1]) neuerdings über diesen Gegenstand gemacht hat. Wenn bei stärkstem Druck Stempelbewegungen auch vorhanden sein mögen, so wurden dieselben doch bei unseren Untersuchungen nicht beobachtet.

Um jedoch zur Entscheidung der „alten Streitfrage der Physiologie" über die Form der Uebertragung der Schallwellen durch die Gehörknöchelchenkette den beobachteten Bewegungsmechanismus anwenden zu können, erschien es uns als eine ungenügende Methode, diesen Vorgang durch einfachen Druck zur Anschauung zu bringen; vielmehr suchten wir diesen physiologischen Bewegungsmechanismus zu studiren, indem wir als Bewegungsursache die den Ohren adäquaten Schallwellen in concentrirter Form benutzten und deren Wirkung auf den Leitungsapparat beobachteten. Bereits im Jahre 1864 hat Ad. Politzer, vereint mit Rud. König in Paris, Versuche angestellt, die Gehörknöchelchen des menschlichen Ohres durch Orgelpfeifen, deren Ton durch Resonatoren verstärkt wurde, in Schwingungen zu versetzen, und es ist ihm gelungen vom Hammer und Ambos Schwingungscurven aufschreiben zu lassen, während ihm ein Gleiches vom Steigbügel nicht gelang.[2]) Wir wünschten diese Versuche zu wiederholen, kamen dabei jedoch noch zu weiteren Resultaten. Die Gehörorgane wurden in der oben beschriebenen Weise sorgfältig präparirt und die einzelnen Knöchelchen mit Fühlhebeln armirt. Als solche wurden anfangs die Mittelrippen von Reiherfedern verwendet; jedoch zeigten sich schliesslich die schon von Politzer angewendeten Glasfäden als das beste Material; nur unterscheidet sich unsere Methode von der Politzer'schen wesentlich dadurch, da es uns vorerst weniger daran lag, Curven aufschreiben zu lassen, als vielmehr die Schwingungsperioden und die Schwingungsformen zu beobachten, dass wir die Glasfäden oben ganz fein auszogen und es vermieden, zwei verschiedene Körper zu einem Fühlhebel zu vereinigen. Diese unsere kleinen Glassonden waren zur Hälfte dicker, zur anderen Hälfte bildeten sie einen ganz dünnen Faden, der jedoch noch dick genug war, um nicht selbstständig zu schwanken. Ihre Länge variirte von 8 bis zu 15 Centimetern, ihr Gewicht von 4 bis 15 Milligrammen. Die Befestigung derselben ist zuweilen eine recht unbequeme, besonders wenn es sich um die Erzeugung stärkerer Schwingungen handelt, deren Intensität so gross werden kann, dass nicht nur die kleinen Sonden in toto abgeworfen werden, sondern dass sie auch zerbrechen. Am bequemsten ist es, durch einen eisernen Stift oder eine Nadel, welche über einer Spiritusflamme erwärmt wird, oder auch mit Vortheil in einer brennenden Cigarre heiss erhalten werden kann, die betreffende Stelle des Gehörknöchelchens an ganz beschränktem Punkte auszutrocknen und alsdann mit einer Spur Siegellack [3]), welches an dem dicken Ende des Söndchens erhitzt werden muss, diesen Fühlhebel sogleich aufzu-

---

1) W. Henke. Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.

2) Politzer. Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgane im gesunden und kranken Zustande. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. I. Heft 1.

3) In der letzten Zeit haben wir uns des von Lucae empfohlenen Kittes mit Nutzen bedient. Siehe Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft 1. p. 34. Anmerkg.

setzen. Diese Manipulation stellt im Anfange oft die Geduld auf eine harte Probe, doch erlangt man durch viele Uebung leicht Geschick.

Was den Ort der Befestigung der kleinen Glassonden anbetrifft, so wurde die Hammersonde meist auf den Griff, die Ambossonde am langen Fortsatz dieses Knochens befestigt, oder auch die Ankittung geschah in einzelnen Fällen von oben, jedoch stets in der Richtung der beiden genannten Fortsätze. Die Steigbügelsonde, welche passend am Ende einen kleinen Knopf trägt, wird mit diesem Knopf so auf die Platte dieses Knochens aufgesetzt, dass sie senkrecht, entweder nach auf- oder auch nach abwärts gerichtet ist. Um gute Schwingungen zu erzielen, kommt es wesentlich darauf an, intensive Töne zuzuleiten. Wir benutzten dazu eine Erfahrung, die, wie es scheint, bis jetzt nicht genügend betont worden ist. Wenn man nämlich einen tonzuleitenden Kautschukschlauch in den Gehörgang einführt, macht es einen enormen Unterschied, ob der Schlauch den Gehörgang luftdicht schliesst, oder nicht. Im ersten Falle tönt die Respiration, tönen die Worte mit einer wahrhaft erschreckenden Intensität ins Ohr hinein, während bei nicht dicht schliessendem Schlauch die Intensität eine relativ geringe ist. Der luftdichte Verschluss ist jedoch oft bei einzelnen Individuen nicht leicht zu erreichen, weil die Form des Gehörganges, wie wir uns an Abgüssen desselben mittelst einer leichtflüssigen Metallmischung zur Genüge überzeugen konnten, häufig gar zu unregelmässig ist. Ich erreichte einen luftdichten Verschluss bei genügend tiefer Einführung des nach Tröltsch's[1]) Vorschlage mit der Scheere zugeschärften Schlauches mit Leichtigkeit, während Hensen und Andere für diesen Verschluss erst einer besondern Vorbereitung des Schlauches bedürfen. Es muss nämlich der Schlauch seinen scharfen äussern Rand behalten, aber es wird das Ende von innen her verdünnt und zugeschärft; dadurch bildet sich eine Art von Ventilmechanismus, die einen luftdichten Verschluss sichert.

Nachdem nun die in der oben beschriebenen Weise präparirten und mit Sonden versehenen Ohren in einem Stativ fixirt waren, wurde ihnen durch solche Schläuche der Ton zugeleitet. Als Tonquelle wurde eine Helmholtz'sche Doppelsirene[2]) verwendet[3]), welche durch die mit grosser Gleichmässigkeit zugeführte Luft, aus einem grossen von R. König in Paris, nach dem System von Cavaillé-Coll, gearbeiteten Gebläse, in Bewegung gesetzt ward. Das gemeinschaftliche Windrohr der Sirene wurde durch ein eingeschobenes T-förmiges Blechrohr unterbrochen, um dasselbe durch letzteres mit dem Gummischlauch des Gehörganges in offene Verbindung zu bringen.

Führt man diesen Gummischlauch in das eigene Ohr, so schallt der Sirenenton mit einer zuweilen unerträglich zu nennenden Intensität dem Ohre zu, und dem entsprechend sind die Schwingungen der kleinen Sonde periodisch sehr gewaltige.

Wenn nun das mit Sonden armirte Präparat in der oben beschriebenen Weise mit dem Zuleitungsrohr der Sirene verbunden ist und die letztere

---

1) Dessen Lehrbuch pag. 182. Anmerkg.
2) H. Helmholtz. Die Lehre von den Tonempfindungen. pag. 241.
3) Die Resonanzkästen waren bei unseren Versuchen stets entfernt.

durch das Gebläse in Bewegung gesetzt wird, so ergiebt die Beobachtung, dass die Glasfäden nur bei gewissen Tonhöhen ad maximum schwingen, während sie bei anderen Tönen fast oder ganz ruhig bleiben; und zwar zeigt sich weiter, wenn man an allen drei Gehörknöchelchen gleichzeitig Fäden anbringt, dass der Hammer am stärksten, weniger stark der Ambos, und sehr viel schwächer der Steigbügel schwingt.

Wir theilen in Folgendem einzelne während der Beobachtung geführte Protocolle mit, wobei jedoch zu erwähnen ist, dass die Zählungen der Sirene bei Tönen unter 100 Schwingungen in der Secunde leicht um $2^1/_2$, über 100 um 5, bei mehreren Hunderten um 10 bis 15 Schwingungen mehr oder weniger irrthümlich von uns angegeben sein können.

Schwingungsprüfung eines Präparates, an dem alle drei Knöchelchen mit Glassonden armirt sind.

12 Stösse der Sirene in der Secunde	bewirken starke Schwankungen der Hammersonde, welche sich wenig auf den Ambos, noch weniger auf den Steigbügel fortpflanzen.
$23_{,4}$ „ „ „ „ „ „	Hammer und Ambos schwingen in der Richtung der Gehörgangsaxe; Steigbügelsonde zeigt keine Schwingung.
$45_{,0}$ „ „ „ „ „ „	Alle Gehörknöchelchen schwingen. Diese Schwingung nimmt zu und erreicht bei
$47_{,4}$ Stössen „ „ „ „ „	ihr Maximum für den Hammer und Ambos. Die Glasfäden schwingen einfach fächerförmig, ohne Knotenbildung. Der Fächer des Hammers ist 6 Millimeter breit, derjenige des Amboses $2^1/_2$ Mm., des Steigbügels 1 Mm.
$52_{,9}$ Stösse „ „ „ „ „	Hammer u. Steigbügelsonde schwingen gleich breit, während der Ambos nur ganz kleine Excursionen macht; die Schwingung des Hammers ist sehr unrein. (Siehe unten.) Hammer und Ambos schwingen in der Richtung der Gehörgangsaxe; der Steigbügel schwingt ad maximum parallel seiner Fussplatte. Dann folgt schnelle Abnahme aller Schwingungen bis zur Ruhe.
$105_{,8}$ „ „ „ „ „ „	Zweites Maximum. Knotenbildung in der Hammer- und Ambossonde; Ruhe des Steigbügels. Während

dieser Maximalschwingung nimmt die Schwingung des Amboses bedeutend ab; etwas später auch die des Hammers.

Abermalige Steigerung bei $128_{,6}$ Sirenenstössen, welche bei

$138_{,5}$ Stössen der Sirene in der Secunde ihr Maximum erreicht; auch hier verhält sich die Stapessonde ruhig. Die Zahl der Schwingungsknoten in der Hammer- und Ambos-Sonde ward nicht notirt; die Schwingungsrichtung war parallel der Gehörgangsaxe.

$150_{,0}$ Stösse „ „ „ „ „ Abnahme der Schwingung. Die Ambossonde dreht ihre Schwingungsebene in die sagittale Richtung, also parallel dem Trommelfell. Stapes ruhig.

$155_{,2}$ „ „ „ „ „ „ Steigerung der Hammer- und Ambosschwingung. Der Ambos schwingt wieder in der Richtung der Gehörgangsaxe.

200 „ „ „ „ „ „ Schwingungsmaximum für Hammer und Ambos. Die Bäusche der in Knoten schwingenden Hammersonde sind 10 Mm. breit; die des Ambos viel weniger. Der Steigbügel verhält sich immer ruhig.

Bei geringer Steigerung der Tonhöhe dreht sich die Schwingungsebene der Hammersonde um etwa 45 Grade in die sagittale Richtung. Bald darauf wird sie in Folge der starken Schwingungen abgeworfen. Bei

450 Stössen „ „ „ „ „ schwingt der Ambos stärker in frontaler Richtung. Der Steigbügel bleibt in Ruhe.

Eine Steigerung der Tonhöhe, welche wir auf 1280 Schwingungen in der Secunde treiben konnten, hatte keine weiteren Schwingungen der gläsernen Fühlhebel zur Folge.

Während dieser und der nächstfolgenden Versuche ward der Luftdruck im Gebläse nach Bedürfniss, zur Fixirung gewisser Tonhöhen, gesteigert und herabgesetzt; folglich war auch die Spannung des Trommelfells, da die Zuleitung der Schallwellen durch das gemeinschaftliche Windrohr der Sirene geschah, eine verschiedene.

Bei einem andern ganz gleichen Versuche, ward besonders auf den Stapes die Aufmerksamkeit gerichtet; und es wurde 4 Mal nach der Reihe

beobachtet, dass die Sonde dieses Knöchelchens bei 45,0 Schwingungen [1]) in der Secunde mit Knotenbildung in der Ebene seiner Fussplatte schwang. Ihre Excursionsbreite betrug reichlich 2 Mm.; während dessen betrug diejenige der ziemlich gleichen andern Sonden beim Hammer 3,5 Mm., beim Ambos 3 Mm. Ausser dieser Schwingung wurde am Steigbügel — abgesehen von den geringen periodischen Schwankungen, welche im Beginne der Sirenenbewegung eintreten, — bei dieser Art von Versuchen keine weitere beobachtet.

Schwingungsprüfung eines Präparates, an welchem nur der Ambos die Mittelrippe einer zarten Reiherfeder als Fühlhebel in der Richtung seines langen Fortsatzes trug.

Zahl der Sirenenstösse während einer Secunde:	Beobachtung des Fühlhebels zur Zeit der angegebenen Schwingungszahl des Sirenentons:
10,8	kleine, nur durch die Loupe erkennbare, Schwankungen.
21,6	Schwingung, 1/4 Mm. breit, in der Richtung der Gehörgangsaxe. (2 Mal beobachtet.)
28,1	Schwingung, kaum 1/2 Mm. breit; Richtung unverändert (2 Mal beobachtet).
32,1	Absolute Ruhe der Feder.
34,6	Unreine Schwingung in der Gehörgangsaxe.
37,5	ebenso.
42,8	ebenso, 3/4 Mm. breit.
	Zunahme der Schwingung; bei
47,6	1 Mm. breit; reine Schwingung.
50,0	Maximalschwingung, 2 Mm. breit, in der Richtung der Gehörgangsaxe.
56,25	Drehung der Schwingungsebene; 1 Mm. breit, parallel dem Trommelfell.
69,2	Die Schwingung ist fast auf Null reducirt.
	Allmählig nimmt die Schwingung wieder zu. Bei
90,0	Schwingung mit zwei Knoten in der Ebene des Trommelfells. Bausch 3 1/2 Mm. breit.
100,0	Bedeutende Abnahme der Schwingung. Bei geringer Steigerung des Tons verschwinden die Knoten.
128,6	Nur noch ganz minimale Schwingungen sichtbar.
150,0	Grenze der geringsten Schwingung und der neu beginnenden Steigerung.
155,0	Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe, 2 Mm. breit. Inzwischen dreht sich die Schwingungsrichtung fast um 1/4 Kreis.

1) Bei dem andern eben mitgetheilten Versuch wurde die Schwingungszahl von 52,9 als Maximum für die Stapeschwingung bestimmt.

Zahl der Sirenenstösse während einer Secunde:	Beobachtung des Fühlhebels zur Zeit der angegebenen Schwingungszahl des Sirenentons:
Zwischen 163_{76} und 180_{90}	Maximalschwingung mit Knotenbildung, 4 Mm. breit. Dann Abnahme, Ruhe und abermalige Steigerung. Bei
225_{90}	stärkste, jedoch nicht ganz reine, Schwingung mit 3 Bäuschen.
266_{76}	Ruhe.
456_{78}	Reine Schwingung mit zarter Bausch- und Knotenbildung.
533_{93}	Ruhe. Dieselbe bleibt bis zur höchsten erreichbaren Höhe.

Prüfung eines Präparates, an dem die Sehne des Tensor tympani, der Ambos und der Steigbügel entfernt waren. Fühlhebel, eine Faser vom Barte einer Reiherfeder, am Hammergriff in der Richtung seiner Längsaxe befestigt.

Schwingungszahl des Sirenentons:	Beobachtung des Fühlhebels während dieser Zahl:
32_{114} . . .	Starke, jedoch unreine Schwingung. (2 Mal beobachtet.)
39_{112} . . .	Steigerung der noch unreinen Schwingung.
46_{775} . . .	Reine Maximalschwingung ohne Knotenbildung. Dann Abnahme der Schwingung, ohne zur Ruhe zu kommen; beginnt wieder stärker zu schwingen; bei
64_{728} . . .	stärkere unreine Schwingung.
75_{90} . . .	Reine Maximalschwingung mit Knotenbildung. (3 Mal beobachtet). Die Schwingung nimmt ab; die Feder bleibt jedoch in Bewegung.
128_{557} . . .	Wieder reine Schwingung; Zunahme derselben; bei
130_{90} . . .	Maximum; Schwingung mit 3 Knoten. Die Feder wird dann fast ganz ruhig. Bei
180_{90} . . .	nur ganz zart an der Spitze schwingend; dann Zunahme der Schwingung. Bei
225_{90} . . .	Reine Schwingung mit zarter Bausch- und Knotenbildung. (2 Mal beobachtet.)

Wiederholte Prüfung desselben Präparates. Anstatt des Reiherfederchens eine Glassonde, von reichlich $^1/_4$ Mm. Dicke und 15 Mgrm. Gewicht, an dem Ende in eine Spitze ausgezogen. Im Uebrigen dieselben Verhältnisse. (Es wurden nur einzelne Schwingungs-Maxima gezählt.)

Die Sonde schwingt vom Anfange der Sirenenbewegung an in der Gehörgangsaxe.

32_{95}	Unreine, starke Schwingung.
49_{91}	Erste reine Hauptschwingung ohne Knotenbildung.
128_{557}	Maximalschwingung mit Knoten.

$653_{,75}$ . . . . Maximum der Schwingung; vorher und nachher absolute Ruhe. Bei

$989_{,0}$ . . . . noch ein letztes Maximum mit Knotenbildung.

Eine Steigerung des Sirenentons bis zu 1280 Schwingungen ergab keine Schwingung der Glassonde mehr.

Weiter wurden noch die Ohren einiger Thiere geprüft. Die Paukenhöhle wurde von unten so eröffnet, dass ein gläserner Fühlhebel bequem an dem Griff des Hammers befestigt werden konnte. Die Gehörknöchelchen blieben in ihrer natürlichen Lage, das Labyrinth uneröffnet. Ein in den freipräparirten Gehörgang eingebundenes Glasrohr vermittelte die Tonzuleitung. Die Präparate wurden ganz frisch geprüft.

1. Hund.

Schwingungszahl des Sirenentons:	Beobachtung der Fühlhebel:
$22_{,5}$ . . .	Erste Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe. Dann Ruhe bis $60_{,0}$.
$64_{,3}$ . . .	Kleine Schwingung parallel dem Trommelfell.
$75_{,0}$ . . .	Kleine Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe; dann längere Ruhe.
$150_{,0}$—$168_{,8}$ . . .	Schwingung mit Knotenbildung, rechtwinklig zur Gehörgangsaxe.
$180_{,0}$ . . .	Ruhe der Sonde.
191—197 . . .	Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe; bei der letzten Zahl Drehung der Schwingungsebene um einen rechten Winkel.
$212_{,5}$ . . .	Haupt-Maximum (2 Mal beobachtet). Die Sonde schwingt parallel dem Trommelfell mit Knotenbildung. Bei
$215_{,4}$ . . .	Drehung der Schwingungsebene in die Richtung der Gehörgangsaxe, bei fast ungeschmälerter Fortdauer der Schwingung.
$245_{,5}$ . . .	Ruhe.
$426_{,5}$ . . .	Durch die Loupe sichtbare letzte Schwingung.

Bei weiterer Steigerung der Tonhöhe verharrte die Sonde in Ruhe.

2. Schaaf.

$56_{,25}$ . . .	Erstes Maximum ohne Knoten.
$250_{,0}$ . . .	Zweites Maximum mit Knoten. (3 Mal beobachtet.) Beide Maxima schwangen in der Richtung der Gehörgangsaxe; bei Erhöhung des zweiten Tons stellte sich die Schwingungsebene rechtwinklig zur Gehörgangsaxe, wobei gleichzeitig die Breite der Bäusche abnahm.

Nachdem dieses Präparat eine Nacht in Spiritus gelegen, wurde es noch einmal geprüft. Die Nische zwischen unterer Gehörgangswand und Trommelfell war mit Flüssigkeit angefüllt. Die Hauptschwingung war dadurch insofern verändert, als sie schon bei einem Ton von $225_{,0}$ eintrat. Die erste Schwingung blieb dieses Mal unberücksichtigt.

3. Reh.

$129_{,92}$—$138_{,45}$ . . .	Erstes Maximum mit Bildung zweier Knoten. (3 Mal beobachtet.)
$225_{,0}$ . . .	Zweites Maximum (2 Mal beobachtet). Schwingung der Sonde mit 2 Knoten.
$300_{,0}$ . . .	Drittes Schwingungsmaximum mit 3 Knoten. (3 Mal beobachtet.)

Ueber später noch geprüfte Ohren einer jungen Katze wird weiter unten berichtet werden, da bei denselben die Methode der Schallzuleitung modificirt wurde.

Um den Einfluss der Sondenlänge zu prüfen, wurde beim menschlichen Ohre die Sonde während der Schwingung, bei fixirtem Ton, mehrfach gekürzt, ohne dass diese Verkürzung einen wesentlichen Einfluss auf die Schwingung äusserte. Auch soll nicht unerwähnt bleiben, dass kleine Glassonden, welche zur Controle auf verschiedene Punkte des Felsenbeins gesetzt waren, sich durchaus nicht an den Schwingungen betheiligten. Ausser diesen Versuchen, welche sich auf die Prüfung der Schwingungsverhältnisse der Gehörknöchelchen, resp. des Trommelfells beziehen, wurde auch noch das runde Fenster auf seine eventuelle Schwingungen untersucht.

Bei den für diese Prüfung angefertigten Präparaten blieb die Paukenhöhle uneröffnet; vom Labyrinth aus wurde die Platte des Steigbügels freigelegt und nach Entfernung der Lamina spiralis die Membrana tympani secundaria möglichst zugänglich gemacht. Die Oeffnung der schon vor Empfang der betreffenden Ohren abgeschnittenen Tuba Eustachii wurde durch Siegellack verschlossen. Bei der Zuleitung des Sirenentons durch den äusseren Gehörgang schwang ein auf die Stapesplatte gekitteter Fühlhebel in einer den früheren Beobachtungen entsprechenden Weise. Die mit Leim auf die Membran des runden Fensters festgeklebte, zwei Zoll lange zarte Glassonde zeigte bei den niedrigsten Schwingungszahlen unregelmässige Hin- und Herbewegungen und war überhaupt sehr empfindlich für jede Art von Erschütterung. Es konnten jedoch keinerlei regelmässige Schwingungen mit irgend welcher Sicherheit wahrgenommen werden, mochte der Ton so hoch oder so niedrig zugeführt werden, als wir ihn in den oben angegebenen Grenzen zu erzeugen im Stande waren.

Als darauf der Ton durch ein in die Tubenöffnung eingeführtes Rohr zugeleitet wurde, zeigte der Fühlhebel der Fenstermembran allerdings starke Excursionen, und zwar ziemlich continuirlich von den niedrigsten bis zu den höchsten Tönen; es kamen jedoch niemals Schwingungen zu Stande, deren

Geschwindigkeit auch nur entfernt auf eine der Tonhöhe entsprechende Bewegung der Membran gedeutet hätte.

Um keine Möglichkeit ausser Acht zu lassen, setzen wir voraus, es könne eine dünne, sehr verschiebbare Schicht Bindegewebes der Membran aufliegen, welche regelmässige Schwingungen verhindern möchte. Wir liessen deshalb das Präparat eine Nacht durch trocken liegen und wiederholten dann folgenden Tages unsere Untersuchung; aber auch jetzt zeigte sich keine Aenderung in der Art dieser Membran auf Töne zu reagiren. Auch wenn wir die betreffenden Theile unter Spiritus oder Wasser tauchten, trat keine Aenderung in der beschriebenen Art der Schwingungen, — welche hier richtiger Schwankungen zu nennen wären — ein.

Das Interesse, welches sich an die mitgetheilten Beobachtungen knüpft, ist ein mehrfaches, und es erübrigt deshalb noch, einzelne Punkte derselben eingehender zu besprechen.

Was zunächst die Art der Schwingungen anbetrifft, so ist dieselbe entweder eine fächerförmige oder auch der Glasfaden schwingt mit regelmässigen Bäuschen und Knoten, deren in einzelnen Fällen 12 gezählt wurden. Die fächerförmige Schwingung tritt bei tiefen Tönen auf, und sie bildet auch den Anfang einer Knotenschwingung, wenn die Sonde vorher in Ruhe war. Ferner haben wir in der Art der Schwingung eine reine und eine unreine Schwingung unterschieden. Wenn die Sonde rein schwingt, erscheint ihre Spitze von fächerförmiger Gestalt, seitlich scharf begrenzt, in der Mitte wie verschleiert, ohne Ungleichmässigkeiten, und ein ähnliches Bild bieten die Bäusche dar. Wenn sie unrein schwingt, machen sich mitten im Fächer eine, zwei, drei oder auch mehr weisse Linien bemerkbar, deren Lage bald näher der Mitte, bald näher den Seitenlinien ist, und welche alsdann bei Steigerung des Tones immer mehr an den Rand rücken und schliesslich mit diesem zusammenfallen. Die unreine Knotenschwingung wird dadurch characterisirt, dass die Bäusche weniger scharf von einander getrennt sind, dass der zwischen ihnen liegende Knotenpunkt aufhört ein ruhender Punkt in der Sonde zu sein, indem eine grössere, den Knotenpunkt imitirende Strecke zwischen den Bäuschen in einer gewissen drehenden, leicht wechselnden Bewegung verharrt.

Diese verschiedenen Schwingungsformen zeigen sich in ähnlicher Weise, wenn man einen durch eine Membran verschlossenen Glasstrichter, welcher auf der Membran eine Glassonde trägt, in tönende Orgelpfeifen steckt. Geht man dann die Octave durch, so zeigt sich bei einigen Pfeifen die unreine, bei anderen, oder mindestens einer Pfeife die reine Schwingung der Sonde, wenn nur einigermassen der Eigenton der Membran in der Höhe der geprüften Pfeifen liegt. Die Unreinheit der Schwingungen muss wohl darauf beruhen, dass die Schwingungsphasen der Membran nicht mit denen des Tons in einfachem Verhältnisse stehen, und folglich die Sonden nicht pendelartig schwingen, sondern auf ihrer Bahn hin und wieder aufgehalten werden und in Folge dessen in dieser Lage einen stärkeren Eindruck auf das Auge hervorbringen, wie in den andern Theilen ihrer Bahn.

Ausserdem ist es bemerkenswerth, dass die Schwingungsform und die Schwingungsrichtung der Fäden wechselt. In der Regel schwingen sie in einer Ebene, so dass die Schwingungsform der Sondenspitze eine lineare zu nennen ist; jedoch haben wir auch sehr häufig eine elliptische, selten eine kreisrunde Schwingungsform beobachtet. Dies trat ein, sowohl beim Hammer als auch beim Ambos, namentlich aber bei letzterem; jedoch kommt dabei entschieden die Art, in welcher die Sonde fixirt worden ist, mit in Betracht. Beim Hammer würde sie auf dem Kopfe zu befestigen sein, beim Ambos an der Uebergangsstelle des Körpers in den langen Fortsatz desselben, in der Richtung der Längsaxe des Letzteren. Rücksichtlich der Richtung sind im Allgemeinen diejenigen Schwingungen, deren Ebene in der Richtung der Gehörgangsaxe liegt, überwiegend. Die Drehung erfolgt in der Regel beim Ueberschreiten des Schwingungs-Maximums. Vielfache Prüfungen lehrten uns, dass durch die Länge und Form der Sonden, welche wir mannigfaltig variirt haben, in dieser Beziehung nichts verändert wird.

Wir glaubten anfangs, dass den Erscheinungen, welche uns die wechselnde Form und Richtung der Sondenschwingungen darbieten, etwas Aehnliches zu Grunde liegen möge, wie dasjenige Moment, welches in dem von Wheatstone beschriebenen Kaleidophon [1]) zur Geltung kommt, wo durch einen ungleichen Druck an der Basis die Stäbe gezwungen werden, in Curven zu schwingen, und die Axen ihrer Maximalexcursion beim Verklingen — bekanntlich also einer Steigerung der Tönhöhe — ändern, weil auch hier beim Gehörknöchelchen-Apparat ein verschiedener Druck von zwei Seiten, einestheils durch den Stapes, anderntheils durch das gespannte Trommelfell wirkt.

Wir haben uns jedoch durch Versuche an einer, durch einen Electromagneten in Schwingung versetzten Stimmgabel überzeugt, indem wir einen Glasfaden an einem ihrer Schenkel, in dessen Längsrichtung so befestigten, dass dieser Faden den Schenkel etwa um 15 bis 20 Cm. verlängerte, und nun die Schwingungsänderungen bei verschiedener Länge desselben beobachteten, dass auch hier, also bei einem Instrumente, welches sicher in Einer Ebene sckwingt, kreisförmige Schwingungen an den aufgekitteten Glassonden zu Stande kommen können. Dieselben zeigten sich abhängig von der Länge der Sonde. Kürzt man die Sonde mittelst einer Scheere in kleinen Abschnitten nach und nach, so tritt bei gewissen Längen eine drehende Bewegung der vorher geradlinig mit Knoten schwingenden Sonde (Glasfaden) ein, welche den Uebergang zu einer kreisförmigen Schwingung bildet. Betrachtet man dann die Spitze, so sieht man dieselbe einen regelmässigen Kreis beschreiben. Man glaubt in einen hohlen Kegel hineinzuschauen, dessen Spitze dem äussersten Knotenpunkt der Sonde entspricht, und dessen seitliche Begrenzung die Bahn des Sondenendes darstellt. In gleicher Weise stellen die Bäusche eine regelmässige Spindelform dar. Ist man mit der Verkürzung so weit vorgeschritten, dass in der Sonde kein Knoten mehr gebildet werden kann, so gibt es einen Punkt, bis zu dessen Kürzung die Sonde ad maximum schwingt, während, wenn die Sonde ein Weniges länger oder kürzer ist, ihre Schwingungsexcursion eine bedeutende

1) Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie. Bd X. pag. 470.

Abnahme zeigt. In gleicher Weise haben auch die Schwingungen der Sondenspitze bei zwei oder mehreren Knoten ein Maximum der Excursion, aber dieses Maximum ist einmal nicht so bedeutend und anderntheils ist es nicht so genau an einen bestimmten Punkt der Sondenlänge gebunden.

Niemals beobachteten wir, dass die Richtung der geradlinig schwingenden Stimmgabelsonde sich änderte. Dagegen ist die Drehung der Schwingungsaxe geradlinig schwingender starrer Fäden eine Erscheinung, welche einfache Membranen darbieten. Wenn eine Membran z. B. über die erweiterte Oeffnung eines Glasrohrs gespannt wird, wenn sie dann mit einer zarten Glassonde in der Art armirt wird, wie der Hammerstiel dem Trommelfell anliegt, und nun entsprechende Töne zugeleitet werden, so wird man eine abwechselnde, doppelte Schwingungsrichtung constatiren können. Am häufigsten wird man die Sonde in einer Ebene schwingen sehen, welche die ebene Fläche der Membran rechtwinklig schneidet; aber man wird auch nicht selten beobachten, dass der Glasfaden parallel der Ebene der Membran schwingt.

Wenn nun auch diese Beobachtungen zeigen, dass kreisförmige Knotenschwingungen an graden elastischen Fäden zu Stande kommen können, wenn sie einer gradlinig schwingenden Stimmgabel aufsitzen; und wenn ferner die Axenänderung der geradlinigen Schwingung eine Eigenthümlichkeit der schwingenden Membranen darstellt, welche in unserem Falle durch das Trommelfell repräsentirt wird, so ist es doch immer noch die elliptische Schwingung, welche einer Erklärung bedarf; und zwar sind wir geneigt anzunehmen, dass die elliptische Schwingungsform dann eintritt, wenn eine kreisförmige Schwingungsform gleichzeitig durch eine Axendrehung beeinflusst wird, so dass sie als die Wirkung zweier gleichzeitig wirksamer Ursachen resultirt.

Die perpendikulär auf die Steigbügelplatte aufgesetzte zarteste Glassonde schwang an zwei verschiedenen Präparaten, wie wir es wiederholt beobachteten, bei einem Ton von 45_0, resp. 52_9 im Maximum, während das Maximum des Hammers und des Ambos bereits vorüber war. Die Schwingungsrichtung war eine sagittale; wenn die Sonde parallel der Platte stand, war die Schwingungsebene der Platte durchaus parallel; die Sonde schwang also in der Weise, wie sie schwingen würde, falls der Musculus stapedius in rasche tetanische Stösse geriethe. Im Beginne und am Ende dieser Maximalschwingung schwingt der Glasfaden rechtwinklig zur Fussplatte, also in der Weise, als wenn die Steigbügelplatte sich um ihre lange Axe drehte. Beim Steigbügel tritt es auffallend hervor, dass er ein selbstständiges Schwingungsmaximum hat. Etwas Aehnliches findet sich auch für den Ambos, jedoch folgt dessen Schwingungsmaximum fast unmittelbar auf dasjenige des Hammers und konnte daher nicht genügend durch Zahlen von denjenigen des Hammers gesondert werden.

Wie wenig übrigens die von uns beobachteten Schwingungsarten, ganz vorzugsweise aber der Axenwechsel in der Schwingungsrichtung und die stufenweise Abnahme der Schwingungsgrösse, vom Hammer zum Ambos zum Steigbügel, mit den bis jetzt geläufigen Ansichten über die Art der Schallübertragung vom Trommelfell durch die Gehörknöchelchenkette auf das Labyrinthwasser übereinstimmen, liegt auf der Hand.

Ed. Weber betrachtete den Gehörknöchelchen-Apparat als einen Winkelhebel, welcher sich nur als Ganzes bewegt. Hammer und Ambos sollten nach ihm so miteinander verbunden sein, dass es diesen beiden Gehörknöchelchen nicht gestattet sei, sich in der auf der Axe senkrechten Drehungsebene gegeneinander zu bewegen, „so dass sie sich also nur gemeinschaftlich in derselben bewegen können, wie es der Fall sein würde, wenn sie gar kein Gelenk hätten und nur ein einziges Knochenstück wären.“ [1])

Wie sehr die Weber'sche Theorie bis in die jüngste Zeit herrschend geblieben, dafür möge folgendes Citat aus dem neusten die Physiologie der Sinnesorgane speciell behandelnden Buche Ad. Fick's Zeugniss ablegen: „Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse genügt es, einzusehen: Wenn die Paukenfellmitte hin und hergeht, so muss in demselben Tempo die Fussplatte des Steigbügels tiefer in's ovale Fenster eingedrückt und herausgehoben werden.“ [2])

Ad. Fick hatte gewiss die Berechtigung, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über die Schwingungsverhältnisse des schallleitenden Apparates so zu formuliren, nachdem die Weber'sche Theorie der Uebertragung der Trommelfellschwingungen an das Labyrinthwasser fast allgemein acceptirt und gelehrt wurde. In demselben Maasse glauben wir jedoch zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass unsere experimentellen Ergebnisse, so sehr sie auch noch den primitiven Charakter an sich tragen, und weiterer eingehender Prüfungen bedürfen, schon jetzt geeignet sind, neue, der Wahrheit näher liegende Anschauungen über den Modus der Schallfortpflanzung durch das Mittelohr zu begründen, wodurch die Unhaltbarkeit der Weber'schen Theorie mehr und mehr dargelegt werden wird.

Was nun die Fenestra rotunda anbetrifft, so lässt sich zwar nicht leugnen, dass durch die Eröffnung des Labyrinthes und die Wegnahme der Schnecke erhebliche Aenderungen in der normalen Spannung dieser Membran erfolgt sein werden, es erscheint jedoch die Indifferenz des Tympanum secundarium auf alle Fälle höchst auffallend. [3]) Um in Bezug auf diese Verhältnisse noch einige weitere Erfahrungen zu machen, griffen wir auf den

---

1) Eduard Weber. Ueber den Mechanismus des menschlichen Gehörorgans. Berichte über die Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1851. pag. 29.

2) Adolf Fick, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Lahr 1861. pag. 138. — Auch nach Wundt (Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Erlangen 1865, pag. 571) gerathen die drei kleinen Knochen als ein Ganzes in Schwingungen, „wie dies ein einziger Knochen thun würde.“ — Funke lehrt gleichfalls, dass der aus Hammer und Ambos „zusammengesetzte Winkelhebel sich als ein einziges Knochenstück um eine gemeinschaftliche Axe dreht.“ (O. Funke, Lehrbuch der Physiologie. Bd. II. Leipzig 1866). — Hiermit stimmt auch G. Hermann Meyer überein (vgl. dessen Lehrbuch der physiologischen Anatomie des Menschen. Leipzig 1856. pag. 276).

Unter den von mir untersuchten Säugethieren fand ich, dass beim Meerschweinchen Hammer und Ambos wirklich nur einen Knochen bilden. Das löffelförmig gebildete Manubrium mallei stellt einen besonderen, sehr zarten Fortsatz des abweichend gestalteten Ambos dar. Für eine eingehendere Beschreibung dieser interessanten Abweichung ist hier nicht der Ort.

3) Wir fanden später, dass, wenn ein Glasfaden so auf das Trommelfell geklebt wird, wie er auf der Membr. tympani sciundaria befestigt werden müsste, derselbe auch hier keine regelmässigen Schwingungen zu geben vermag. H.

von Johannes Müller angegebenen Apparat zurück, mit welchem er die Verhältnisse des runden und ovalen Fensters nachzuahmen versuchte.

Bevor jedoch über die Ergebnisse dieser Versuche berichtet werden kann, kehren wir noch einmal zu den Beobachtungen der Maximalschwingungen der Gehörknöchelchen zurück, um einestheils eventuelle Fehlerquellen zu controliren, anderntheils um weitere experimentelle Resultate mitzutheilen. Es lag nahe anzunehmen, dass die Schwingungsmaxima durch die Entstehung von stehenden Wellen, je nach der Länge der Zuleitungsröhren, hervorgerufen würden, und die bis jetzt gegebenen Zahlen sprechen mehr für als gegen diesen Verdacht. Der Fall wäre so zu denken, dass entweder in dem Windrohr der Sirene, oder in dem von dort rechtwinklig abgezweigten Kautschukschlauch sich stehende Wellen gebildet hätten, deren Knotenpunkte sich ein Mal in die Mitte des T-Rohrs stellten, das andere Mal nur eine viertel Wellenlänge davon entfernten.

Bei der grossen Wellenlänge, um die es sich namentlich bei den niederen Tönen handelte, war dies freilich nicht wohl möglich, da das T-Rohr bald zwei Fuss, bald nur ein paar Zoll von der Sirene entfernt war. Wir haben jedoch das Verhalten dadurch direct zu prüfen gesucht, dass wir bei einem Ton von 225 Schwingungen, welcher eine Maximalschwingung des Hammers bewirkte, ein über drei Fuss langes Glasrohr in das Zuleitungsrohr der Sirene einschalteten und nun, während wir innerhalb dieser Dimension die Länge des Sirenenwindrohrs verlängerten und verkürzten, beobachteten, ob die schwingende Sonde durch diese Manipulation mehr oder weniger zur Ruhe zu bringen sei. Ihre Schwingung blieb im Gegentheil constant, wodurch bewiesen wurde, dass in dieser Beziehung keine Täuschung vorlag.

Die zweite Möglichkeit wäre die, dass vom T-Rohr aus bis zu der, den Schluss des Röhren-Systems bildenden, Membrana tympani sich stehende Wellen gebildet hätten, deren entsprechende Länge a priori bis jetzt noch nicht anzugeben sein dürfte, weil man sie in elastischen, durch Membranen geschlossenen Schläuchen nicht studirt hat. Wir haben uns beschränkt, durch praktische Versuche diesen Sachverhalt zu prüfen. Es ergab sich, dass zwei durch verschieden lange Schläuche gleichzeitig durch die Sirene erregte menschliche Ohrpräparate dieselben Maxima zeigten. Ferner zeigte sich, dass zwei verschieden grosse, gespannte, mit gläsernen Fühlhebeln versehene Membranen, wenn sie durch zwei gleich lange Zuleitungsröhren erregt wurden, bei durchaus verschiedenen Tonhöhen ad maximum schwangen. Diese Beweise werden durch weiter unten mitzutheilende Versuche mit der Müller'schen Flasche unterstützt; auch hören die beiden eignen Ohren, wenn man ihnen, durch zwei verschieden lange Schläuche vom T-Rohr aus, den Ton zuleitet, die Maxima (siehe unten) zu gleicher Zeit. Wenn also stehende Wellen sich erzeugt hatten, so müssen diese jedenfalls so schwach gewesen sein, dass sie keinen wahrnehmbaren Effect hervorbrachten.

Die Beobachtung der periodischen Maximalschwingungen, wie sie das durch Töne erregte todte Ohr darbietet, begründete die Voraussetzung, dass auch das lebendige Ohr, wenn demselben in gleicher Weise concentrirte Tonwellen zugeführt würden, jenen Maximalschwingungen entsprechende Maximalempfindungen zur Wahrnehmung bringen müsse,

und in der That wurde unsere Voraussetzung durch wiederholte Versuche bestätigt.

Die Zuleitung des Sirenentons geschah durch einen dicht schliessenden Kautschukschlauch in doppelter Weise. Einmal wurde der Ton durch ein T-Rohr vom Windrohr der obern Sirene aus abgeleitet, während bei einer andern Prüfung die untere Sirene von einem Helm von Pappe, in Gestalt einer Retorte ohne Boden, durch deren Tubulus die Axe ging, überdeckt wurde, um von diesem Helm [1]) aus die Töne direct in's Ohr zu leiten. Mag man nun in der einen oder andern Weise dem eignen Ohre den Ton zuführen, so zeigt sich, dass bei schnell bewegter Sirene, also bei rasch steigenden Tönen, sehr deutliche Maxima empfunden werden; und zwar mehr in den untern Octaven vom T-Rohr aus, mehr in den oberen vom Helm aus.[2]) Vom Windrohre aus lassen sich etwa 10, vom Helm aus 8 Maximalempfindungen unterscheiden. (Hensen.)

Das Trommelfell wird während des Maximum, wenn der Ton vom Windrohre aus zugeleitet wird, sehr stark erschüttert, was sich durch ein unangenehmes, fast schmerzhaftes Kitzeln verräth. Ausserdem sind die Maxima durch einen trompetenartigen Beiklang charakterisirt, ja es ist schwierig zu entscheiden, ob es dieser Beiklang ist, oder die stärkere Intensität des Tones, durch welche die Maximalempfindung bedingt wird. Bei der Zuleitung vom Helme aus wird das Trommelfell scheinbar nicht so stark in Schwingung versetzt; aber die (hohen) Töne sind weit schwerer zu ertragen.

Die Schwingungszahlen für die vom Zuleitungsrohre aus bewirkten Maximalempfindungen sind an und für sich werthlose Zahlen, weil das Trommelfell in Folge des Luftdruckes [3]) abnorm gespannt ist und weil der Ton, in Folge der Luftströmung im Rohre, bei Steigerung des Sirenentons, niedriger ist, als ihn das Zählerwerk angibt; es möge ihnen jedoch hier ein Platz gegönnt sein.

Hensen	Schmidekam
$37_{,5}$	
$56_{,25}$	$69_{,76}$
$69_{,23}$	

1) Der Helm ist so gearbeitet, dass er durch dieselben Schrauben, welche sonst die Resonanzkästen fixiren, gehalten wird.

2) Durch dieses Experiment lässt sich mit Leichtigkeit constatiren, dass sich die tiefen Töne der Sirene viel intensiver nach rückwärts, d. h. in das Zuleitungsrohr und den Binnenraum des Gebläses, verbreiten, als die hohen Töne; und dass umgekehrt die hohen Töne sich auffallend stärker nach vorwärts, also durch den Helm, wirksam zeigen, als die tiefen. Für dieses Verhalten sprechen weiter unsere bereits mitgetheilten Schwingungsexperimente, wo die Tonzuleitung vom Windrohre aus geschah, im Vergleich zu den noch zu beschreibenden, wo der Ton vom Helme aus dem todten Ohre zugeleitet ward. Helmholtz' Beobachtung, dass ihm, bei gleich bleibender lebendiger Kraft, die hohen Töne der Sirene in der Empfindung ausserordentlich viel stärker erschienen, als die tiefen, (die Lehre von den Tonempfindungen u. s. w., pag. 264) erfährt durch diese Experimente eine Erweiterung.

3) Derselbe entsprach dem Drucke einer Wassersäule von 75 Millimetern. Da es Bedingung war, ihn constant zu erhalten, so musste die Fixation der einzelnen Töne, behufs der Zählung ihrer Schwingungszahl, durch eine an der Sirenenscheibe schleifende Feder, nach Helmholtz' Vorgange, bewerkstelligt werden.

Hensen	Schmidekam
$100_{,0}$	$128_{,0}$
$120_{,0}$	
$266_{,66}$	

Einige Maxima sind nicht genauer gezählt.

Es liegen noch zwei Reihen von Maximalbestimmungen vor, wo der Ton vom Helm aus dem Ohre zugeleitet wurde, wo also die abnorme Spannung des Trommelfells und die Aenderung der Tonhöhe ausgeschlossen waren. Diese Bestimmungen sind jedoch deshalb mangelhaft, weil die Unterscheidungsfähigkeit für die Maxima abnimmt, wenn der Ton so langsam steigt, wie es die Zählung erfordert. Die nachfolgenden Schwingungszahlen entsprechen in ihren beiden Reihen Maximalempfindungen, wie sie von Hensen gefunden worden sind:

60	45
$105_{,9}$	60
180	$112_{,5}$
257	150
300	$257_{,2}$
400	450
450	514
600	900

Die Zahlen widersprechen sich, wie man sieht, mehrfach. Es wäre denkbar, dass dieser Widerspruch durch unregelmässige Spannung der Binnenmuskeln des Ohres hervorgerufen sei. Weitere Zahlen liessen sich leider nicht gewinnen, weil sich die Versuchsweise als eine zu angreifende erwies. Ich musste, für meine Person, ganz davon abstehen, weil die Beobachtung in Folge nauseoser Zustände gehindert ward, und weil ich noch nachher stundenlang durch ein intensives Ohrklingen und Eingenommensein des Kopfes belästigt wurde. Hensen vertrug diese Experimente zwar besser, aber gleich nach dem letzten Versuch stellte sich auch bei ihm neben einem starken Ohrenklingen die unangenehme Erscheinung ein, dass jeder laute Ton der eigenen Sprache in dem betreffenden Ohre klirrend nachhallte, gewissermaassen resonirt wurde.[1]) Diese letzte Erscheinung habe auch ich in meinem Ohre empfunden, jedoch nur für die Dauer von 5—10 Minuten; während sie sich bei Hensen neben dem Ohrenklingen 4 Tage lang erhielt. Hensen konnte bei dieser Gelegenheit beobachten, dass das Ohrenklingen durch Gähnen sehr beträchtlich verstärkt ward, so dass der sonst dabei so hervortretende Muskelton fast vollständig überhört wurde.

Schliesslich wurden nun auch noch einige Ohrpräparate bei der Tonzuleitung durch den oben beschriebenen Helm von der unteren Sirene aus

1) Der klirrende Nachhall schien etwa dem 3. Oberton der gehörten Töne zu entsprechen, er stieg und fiel mit diesem. Mir war namentlich die Sprache eines Kindes, welches unter meinen Fenstern zu spielen pflegte, empfindlich und ward ich sogleich durch das Klirren darauf aufmerksam gemacht, dass dieses im Garten sein müsse. Jedoch war mein Ohr nicht eigentlich feiner hörend geworden, denn ich konnte das Klirren nur so lange bemerken, als ich den Ton der Stimme, bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit, noch vernahm. H.

auf ihre Schwingungen geprüft. Die Resultate dieser Versuche sind in so fern werthvoller, als einestheils jeder abnorme, auf dem Trommelfell lastende Luftdruck ausgeschlossen war und als anderntheils die Wirkung höherer Töne besser studirt werden konnte; dagegen tritt die Wirkung der tiefen Töne bei dieser Methode der Zuleitung mehr zurück, als bei den früheren, wo die Tonableitung jenseits der Sirene, also vom Windrohr aus, geschah. Die Möglichkeit einer Störung, welche durch Resonanz der Töne im Helme eintreten konnte, war freilich bei diesen Versuchen nicht ausgeschlossen. Es wurden in dieser Weise drei verschiedene menschliche Ohrpräparate und die Ohren einer jungen Katze geprüft. Das eine Menschenohr war in so fern pathologisch verändert, als sich sowohl vom Trommelfell aus, als auch vom oberen Abschnitte des langen Fortsatzes des Amboses aus zwei pseudoligamentöse Fäden am Promontorium inserirten. Von diesen pathologischen Producten wurde der vom Trommelfell entspringende dünne, aber sehr resistente Faden nahe an seinem Befestigungspunkte abgeschnitten, während wir die Adhäsion des Ambos so liessen, wie ihn die Krankheit geschaffen. Von den beiden unten mitgetheilten Beobachtungsprotocollen bezieht sich das zweite auf dieses Präparat. Von den beiden physiologisch normalen Ohren geben wir nur eine Beobachtungsreihe, weil bei einem dieser beiden Ohren ein Unfall eintrat, welcher den Gebrauch der Sirene für die nächste Zeit sistirte; dennoch genügte auch dieser Versuch, um allgemeine Verhältnisse zu bestätigen.

Prüfung eines normalen Ohrpräparates vom Menschen: Ein 11 Centimeter langer, $5_{,5}$ Milligramme schwerer Glasfaden war mittelst des Lucae'schen Kittes am Hammergriffe befestigt. Tonzuleitung von der untern Sirene durch den Helm.

Schwingungszahlen:	Beobachtung während derselben:
$111_{,1}$	Schwache, fächerförmige Schwingung, welche jedoch nur mittelst einer starken Loupe constatirt werden kann. [1]
$166_{,6}$	Auch diese, obwohl stärkere Schwingung wurde mikroskopisch beobachtet.
$277_{,7}$	Ebenfalls mikroskopisch beobachtete, schwache fächerförmige Schwingung.
$323_{,1}$ / $327_{,3}$ . . .	Schwingung mit 3 Knoten in der Richtung der Gehörgangsaxe.
$642_{,9}$ / $666_{,6}$ . . .	Schwingung mit 4 Knoten in der Richtung der Gehörgangsaxe.
$1011_{,2}$ / $1020_{,8}$ / $1022_{,7}$ . . .	Schwingung mit 5 Knoten.

Zwischen diesen einzelnen Maximalschwingungen zeigte die Sonde absolute Ruhe, mit Ausnahme eines nicht genau gezählten, etwa bei 500 liegenden, Maximums.

---

1) Ein späterer Sondenwechsel belehrte uns, dass die relative Dicke der Sondenspitze an der mangelhaft sichtbaren Schwingung die Schuld trug.

Prüfung des pathologischen Ohrpräparates vom Menschen. Ein $12_{,5}$ Centimeter langer, 5 Milligramm schwerer Glasfaden war auf dem Hammergriff befestigt; die parallel zur Fussplatte, nach oben gerichtete Sonde des Steigbügels war 4 Mgrm. schwer und $7_{,5}$ Cm. lang. Zuleitung des Sirenentons durch den Helm.

Schwingungszahlen:	Beobachtung während derselben:
$61_{,5}$	Die Hammersonde schwingt, einen Bausch bildend. 2 Mal beobachtet. Steigbügel in Ruhe.
$125_{,0}$ $128_{,2}$ $133_{,3}$ . . .	Schwingung der Hammersonde mit 2 Bäuschen; Stapessonde ruhig.
$315_{,6}$ $333_{,3}$ . . .	Schwingung der Hammersonde mit 3 Bäuschen. Stapessonde ruhig.
$428_{,6}$	Schwingung der Hammersonde mit 5 Bäuschen. 3 Mal beobachtet. Stapes in Ruhe.
$600_{,0}$	Die Hammersonde schwingt mit 7 Bäuschen, die Steigbügelsonde fängt an der Spitze an fächerförmig zu schwingen.
$666_{,6}$	Schwingungsmaximum der Steigbügelsonde mit 3 Bäuschen. Hammersonde nur noch schwach fächerförmig schwingend.
$841_{,1}$	Dieselben Verhältnisse wie bei dem Tone von 600 Schwingungen.
$900_{,0}$	Zweites Schwingungsmaximum der Steigbügelsonde mit 4 Bäuschen. Die Hammersonde schwingt nur noch schwach fächerförmig.

Aus dem Beobachtungsprotocoll der leider unterbrochenen Prüfung des zweiten normalen menschlichen Ohrpräparates, bei welchem alle drei Gehörknöchelchen, an den bekannten Punkten, mit zarten Glasfäden besetzt waren, theile ich noch in Kürze mit, dass die Schwingungszahlen $263_{,2}$ einem Maximum mit 5 Bäuschen in der Ambossonde entsprach. Kurz vorher (d. h. bei einem etwas tiefern Ton) schwang auch die Hammersonde ad maximum; nach kurzer Ruhe zeigte die letztere eine schwächere Maximalschwingung bei einem Ton von $294_{,1}$ Schwingungen in der Secunde. Ein zweites Schwingungsmaximum der Ambossonde wurde bei der Schwingungszahl $343_{,2}$ notirt; während desselben schwang auch noch die Hammersonde, jedoch bei Weitem nicht mehr ad maximum.

Auch diese Versuche zeigen, dass die Maximalschwingungen der drei Gehörknöchelchen nicht gleichzeitig auftreten, wenn auch die Schwingungszahlen für ihr Maxima nicht weit von einander entfernt liegen. Es scheint fest zu stehen, dass die Reihenfolge, bei steigendem Ton, ihrer Lage zwischen Trommelfell und ovalem Fenster entspricht, so dass von naheliegenden Tönen der tiefere den Hammer, der mittlere den Ambos und der höchste den Steigbügel in sichtbare Maximalschwingungen versetzt.

Das eingehendere Studium dieser und anderer hieran sich knüpfender Verhältnisse, ganz besonders aber die Prüfung des Einflusses der beiden

Binnenmuskeln des Mittelrohres auf die Schwingungsverhältnisse der Gehörknöchelchen würde den Gegenstand meiner nächsten Arbeiten bilden, wenn mich nicht äussere Verhältnisse zwängen, diesen rein wissenschaftlichen Bestrebungen ein Ziel zu setzen.

Prüfung des Katzenohrpräparates. Paukenhöhle von unten geöffnet; Glassonde, 12 Mgrm. schwer, $9{,}_3$ Cm. lang, am Hammerstiel befestigt. Alle Gehörknöchelchen in situ; Labyrinth uneröffnet. Tonzuleitung durch den Helm der Sirene.

Schwingungszahl des zugeleiteten Sirenentons:	Beobachtung der Hammersonde während jener Zahl:
$76{,}_{92}$ . . .	2 Knoten (3 Mal beobachtet).
$113{,}_{21}$ . . .	2 Knoten (3 Mal beobachtet).
$225{,}_{0}$ . . .	3 Knoten (2 Mal beobachtet).
$450{,}_{0}$ . . .	ohne Knoten, unreine starke Schwingung (2 Mal beobachtet).
$529{,}_{41}$ . . .	4 Knoten (2 Mal beobachtet).
$782{,}_{61}$ . . .	5—6 Knoten.
$857{,}_{14}$ . . .	1 langer Bausch, 2 Knoten (2 Mal beobachtet).

Unter diesen Maximalschwingungen traten die 3. und 6. als ganz besonders starke und leicht zu fixirende Schwingungen hervor. S. Note No. II.

Versuche mit der Müller'schen Flasche.

Unter dem Namen der Müller'schen Flasche verstehen wir jenen Apparat, in welchem Johannes Müller „den doppelten Leitungsapparat der Trommelhöhle" nachzubilden suchte,[1]) um mit ihm die Verhältnisse des runden und ovalen Fensters zu prüfen. Sein Verfahren ist, so viel wir wissen, bis jetzt niemals wiederholt worden. Er nahm bekanntlich einen Glascylinder, welcher an einem Ende in einen Hals auslief. In diese engere Oeffnung setzte er eine hölzerne Röhre, welche an einem Ende mit einer Membran überzogen war, luftdicht ein, so dass die nach aussen offene Röhre den äussern Gehörgang, die das innere Ende schliessende Membran das Trommelfell darstellte. Die weitere Oeffnung des Glascylinders war durch einen Kork verschlossen, welcher zwei Mal durchbohrt war, um zwei kleinere kurze, gleichfalls mit Membranen überzogene Holzröhren aufzunehmen. Diese Röhrchen mit ihren Membranen stellten die beiden Fenster des Labyrinthes dar, von denen das ovale dadurch gekennzeichnet war, dass ein hölzerner Stab von seiner Membran zur Mitte des künstlich dargestellten Trommelfells verlief. Dieser Stab, welcher die Gehörknöchelchen darstellen sollte, war am Ende des ovalen Fensters verbreitert, so dass er in eine Platte auslief, welche nur wenig kleiner war, als die Membran der Röhre; er hielt beide Membranen, sowohl die des Trommelfells, als die des ovalen Fensters etwas gespannt. Dieser Apparat wurde mit dem weiteren Ende unter Wasser gehalten, und in den künstlichen Gehörgang eine Pfeife eingesetzt, um mittelst

1) Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. pag. 443.

eines Conductors, der an die verstopften Ohren gelegt ward, die Stärke der in der Pfeife von einem Gehülfen erzeugten Tonwellen, welche durch die beiden Fenster ins Wasser gelangen sollten, an diesen beiden Orten durch das eigne Gehör zu prüfen.

Die Verschiedenheit der Leitung durch den Stab zum ovalen Fenster im Vergleich zu der Leitung durch die Luft der Paukenhöhle zum runden Fenster war höchst auffallend. Während die erste Leitung eine ausserordentlich starke war, bemerkte Müller, dass die Leitung durch die Membran des runden Fensters wenig stärker war, als durch die festen Theile der Korkplatte.

Wir haben diesen Apparat nachzubilden gesucht, haben denselben jedoch theils absichtlich, theils absichtslos modificirt, weil uns kein ganz gleicher Cylinder zu Gebote stand und weil es uns practischer schien, den hölzernen Stab durch eine gläserne Columella und die Schweinsblase durch eine etwas zartere Membran zu ersetzen; auch liessen wir die Columella nicht ohne Weiteres auf der Mitte des Trommelfells enden, sondern wir liessen den winklig gebogenen gläsernen Stab das eine Mal von der Mitte nahe an den Rand des Trommelfells gehen; das andere Mal stand die Columella in einer Vertiefung eines aufgeklebten, die Mitte des Trommelfells in zwei Hälften theilenden, Holzstäbchens im Centrum des Trommelfells eingeleimt.

Anfänglich benutzten wir eine florentiner Flasche, in deren Tubulus eine zuleitende Glasröhre (Gehörgang) eingefügt wurde. Diese Röhre war rechtwinklig geknickt, und hatte im Innern der Flasche eine trichterförmige Erweiterung, über welche eine Membran (Trommelfell) gespannt wurde. Die Stellung des Trichters war eine derartige, dass der Boden der Flasche sich zur Membran fast parallel verhielt. Die weite obere Mündung der Flasche war durch einen Kautschukpfropf geschlossen; zwei Bohrlöcher in demselben, welche durch kurze weite an einem Ende mit Membranen überspannte Glasröhren ausgefüllt waren, stellten die beiden Labyrinthfenster dar. Die $1_{,0}$ bis $1_{,5}$ Millimeter dicke Columella war auf den beiden zu verbindenden Membranen mittelst Leim festgeklebt. Am ovalen Fenster bildeten sie eine, das Fenster fast ausfüllende Platte, während sie in der Mitte des Trommelfells eine entsprechend geknickte Verlängerung besass, welche bis nahe an die Peripherie dieser Membran reichte.

Die ersten von uns mitzutheilenden Versuche sind mit dieser Flasche angestellt, während wir später in den Besitz einer passenderen Kugelflasche gelangten, welche aber gleichfalls den Nachtheil darbot, dass ihre beiden Oeffnungen nicht einander gegenüber, sondern rechtwinklig zu einander standen. Dennoch war sie durch ihre Form und bessere Proportion der beiden Oeffnungen zu einander und zum Kubikinhalt der Flasche, sofern sie die Paukenhöhle u. s. w. nachahmen sollte, der Florentinerflasche vorzuziehen und wurde deshalb auch zu dem grössten Theil dieser Experimente verwendet.

Den Gehörgang stellte ein Blechrohr dar, welches in einen flachen Trichter sich erweiterte. Ueber diesen $4_{,5}$ Cm. im Durchmesser weiten Trichter war eine Membran gespannt, auf welcher das bereits oben erwähnte $2_{,5}$ Mm. breite und dicke, 21 Mm. lange Holzstückchen gleichfalls mittelst Leim befestigt war. Die Mitte dieses Hölzchens besass eine Grube zur Aufnahme des einen knopfartig abgerundeten Columellaendes, welche genau dem Mittel-

punkte der Membran entsprach. Senkrecht über diesem Punkte lag das ovale Fenster, gleichfalls durch ein entsprechend weites, kurzes, in der Korkplatte eingekeiltes Glasröhrchen mit Membran dargestellt. Die Columella wurde nun mit dem Knopf in der Grube des Hölzchens, mit der Endplatte an der Membran des ovalen Fensters festgeleimt. Symmetrisch zum Rande der grossen Flaschenöffnung, resp. der verschliessenden Korkplatte war das runde Fenster angebracht, und ausserdem war der Kork noch ein drittes Mal durchbohrt, um durch eine dünne Glasröhre, welche mit einem verschliessbaren Gummischlauch in Verbindung stand, den Apparat durch eine künstliche Tube zu vervollständigen. Der Cubikinhalt des in dieser Kugelflasche dargestellten Cavum tympani betrug 750 Cm. Die gläserne Columella war $1{,}5$ Mm. dick und $13{,}8$ Cm. lang.

Der erste Versuch wurde mit der florentiner Flasche angestellt, um etwaige Schwingungen der Columella und der beiden Fenstermembranen zu beobachten, wenn in den nachgeahmten Gehörgang, wie bei den Ohrpräparaten, der Sirenenton vom Windrohr aus zugeleitet wurde. Die Beobachtung ergab nun, dass die Columella bei gewissen Tonhöhen in mächtige Transversalschwingungen gerieth, und zwar fiel die Richtung der Maximalschwingungen abwechselnd in die Ebene des Winkels, mit welchem die Columella auf das Trommelfell geklebt war, und in eine Ebene, welche jene rechtwinklig schneidet. Die Schwingungsart war diejenige einer Saite, welche als ein Ganzes schwingt. Diese Schwingungsrichtung und Art blieben die gleichen, wenn der, die Columella darstellende, Glasstab fast gerade verlief, oder wenn er, wie wir das später zu thun genöthigt waren,[1]) in seiner Mitte zwei Mal rechtwinklig geknickt war.

Die Schwingungszahlen derjenigen Töne, welche jene starken Maximalexcursionen der Columella veranlassten, standen in einem einfachen Verhältniss zu einander, nämlich, wie 2 : 3 : 4 : 6; wie aus der nachfolgenden Beobachtungsreihe hervorgeht:

Schwingungszahl:	Schwingung der Columella als Ganzes:
$37{,}5$	in der Ebene des Winkels.
$56{,}25$	rechtwinklig auf diese Ebene.
$75{,}0$	in der Ebene des Winkels.
$112{,}5$	rechtwinklig zu dieser Ebene.

Bei diesen starken Transversalschwingungen, welche eine Excursion von mindestens 1 Centimeter repräsentirten, gerieth der auf die Membran des ovalen Fensters gestreute Sand in starke Bewegung, während er in der Zwischenzeit fast ruhig lag. In gleicher Weise war auch in den Zwischenzeiten an der Columella keine Bewegung sichtbar. Bei dem Ton von 580 Schwingungen trat noch einmal eine deutlichere Bewegung des Sandes auf, ohne dass jedoch gleichzeitig Transversalschwingungen der Columella zu beobachten waren.

---

1) Die gerade Columella verlief nämlich nicht genau in der Mittellinie des kleinen, das ovale Fenster darstellenden, Glasröhrchens, was ein Anschlagen des Glasstabes — und dadurch die Erzeugung eines Geräusches — während der starken Schwingungen zur Folge hatte.

Von Anfang an ward, wie es schien unabhängig von der Stärke der Transversalschwingungen, ein auf die Endplatte der Columella aufgesetzter hölzerner Stab stark durchdröhnt. Diese durch die Hand deutlich fühlbare Dröhnung ward jedoch unmerklich bei Tönen von über 400 Schwingungen.[1])

Vor den notirten Schwingungen zeigte die Columella durch die Sirenenstösse bedingte Erschütterungen, welche aber, ähnlich wie an einem ausgespannten, an einem Ende erschütterten, transversal in aliquoten Theilen schwingenden Seile, in raschester Folge über dieselbe hinglitten. Hierbei kam der Glasstab in sichtbare Bewegung und zwar dann, wenn die Sirene $11_{,25}$ und wenn sie $17_{,64}$ bis $18_{,0}$ Stösse in der Secunde erzeugte. Die Richtung dieser Schwingungen entsprach der Ebene des Winkels. Die Transversalschwingungen der Columella sind in gewisser Beziehung wohl als accessorisches Phänomen aufzufassen; weil man durch Einblasen von Luft in die Tuba, also durch Entfernung des Trommelfells von der Membran des ovalen Fensters, die schwingende Columella sofort zum Stillstand bringen kann; während dagegen, wenn durch Luftverdünnung im Cavum tympani die Membranen einander genähert werden, der Stab sich ein wenig biegt, stärker schwingt und leichter in Schwingung zu setzen ist.

Die Membran des runden Fensters verrieth zu keiner Zeit auch nur die geringste Bewegung; ausgenommen der sehr erklärliche Fall, wo die erste gerade Columella bei ihren starken Schwingungen den Rand des Glasröhrchens, welches das ovale Fenster darstellen sollte, bei jeder Excursion berührte.

Dieser Versuch wurde noch einmal mit einer absichtlichen Modification wiederholt. Während nämlich im vorigen Falle die Sirene 118 Centimeter von der das Trommelfell darstellenden Membran entfernt war, wurde jetzt des Kautschukschlauch um so viel verlängert, dass die Entfernung 255 Cm. betrug. Die Schwingungen der Columella waren unter dieser Bedingung qualitativ geringer, traten jedoch bei den gleichen Tonhöhen[2]) ein, wie beim vorigen Versuche; nur das letzte Maximum bei $112_{,5}$ Schwingungen

---

1) Als später der Ton durch den Helm zugeleitet wurde, blieben die Dröhnungen unverändert bei bis zu den höchsten Tönen.

2) Ob die Töne, welche die Schwingungsmaxima hervorbrachten, genau den gezählten Stössen der Sirene entsprechen, oder ob es der erste und zweite Oberton dieser Stösse gewesen ist, müssen wir dahin gestellt sein lassen.

Helmholtz (Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, pag. 265) hat zwar nachgewiesen, dass bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit der Sirene, welche 40 Luftstössen in der Secunde entspricht, nicht der Grundton von 40 Schwingungen, sondern der zweite Oberton desselben, dass ferner bei Tönen zwischen 40 und 80 Schwingungen der erste Oberton, und erst bei Tönen von mehr als 80 Luftstössen der Grundton gehört wird. Bei der von uns regelmässig beobachteten stärkeren Wirkung der tieferen Sirenentöne vom Windrohre aus, im Verhältniss zu der Leitung durch den Helm, ist die Annahme wohl gerechtfertigt, dass die Stärke des Grundtons diesseits und jenseits der Sirene nicht übereinstimmt. Eine Prüfung der Zahl der Schwebungen bei Umdrehung der Kurbel, wenn in beiden Sirenen die gleiche Löcherzahl angezogen ist, während man vom Zuleitungsrohre oder vom Windkasten aus einen Gummischlauch in's eigne Ohr leitet, würde hierüber mit aller Wahrscheinlichkeit Aufschluss geben. Leider haben wir es damals unterlassen, durch eine directe Prüfung diese Frage zu beantworten, und heute steht uns die Sirene nicht mehr zur Verfügung. In unserem Falle machte es den Eindruck, wenn wir die Schwingungen in ihrer Entwicklung verfolgten, als wenn der Stab direct den Stössen der Sirene gehorche und nicht allein den rascheren Obertönen.

blieb aus, was wir durch die Abschwächung des Tones auf seinem Wege durch den langen, relativ engen, Kautschukschlauch, erklären möchten. Man kann schon durch das Gefühl nachweisen, dass die starke Erschütterung im Gummischlauch in der Länge desselben ziemlich rapide abnimmt.

Die Uebertragung der Schallwellen durch die Columella an das ovale Fenster wurde nun noch durch weitere Versuche, bei welchen jedoch stets die oben beschriebene Kugelflasche als Apparat zur Verwendung kam, in verschiedener Weise studirt.

Zwei Beobachtungsreihen beziehen sich auf die Schwingungen von Sonden, welche auf die beiden Fenstermembranen aufgekittet waren. Die Sonde des ovalen Fensters war so im Centrum der Membran aufgesetzt, dass sie gewissermassen die Verlängerung der Columella bildete. Diejenige des runden Fensters stand ihr parallel; beide nahmen während des Experimentes eine senkrechte Lage ein. Die Länge dieser Glasfäden betrug ungefähr 20 Cm. Sie waren an ihrer Befestigungsstelle zu einer Platte verdickt; ihre untere Hälfte war circa $^1/_2$ Mm., die obere höchstens $^1/_8$ Mm. dick.

Auch an diesen Glasfäden beobachteten wir, ähnlich wie bei den Ohrpräparaten, periodische, an gewisse Tonhöhen gebundene Maximalschwingungen. Diese Schwingungen zeigten sich nicht ohne Weiteres von den Transversalschwingungen der Columella abhängig, wenigstens konnten wir einen solchen Zusammenhang nicht nachweisen. Natürlich musste bei Transversalschwingungen der Columella auch der Glasfaden schwingen, jedoch geschah dies nicht in der ruhigen Weise, in der reinen Form, welche die meisten bisher von uns als Maxima bezeichneten Schwingungen charakterisirten. Bei der ersten Anfertigung des Kugelflaschenapparates waren die Verhältnisse so modificirt, dass die Columella kaum 8 Cm. lang war; gleichzeitig war sie reichlich 2 Mm. dick. Bei dieser Anordnung waren gar keine Transversalschwingungen der Columella sichtbar; wohl aber traten die periodischen Maxima des aufgesetzten Glasfadens ein. Die Transversalschwingungen der $13{,}_8$ Cm. langen und $1{,}_5$ Mm. dicken Columella, wie sie in der, zu den übrigen Versuchen verwandten, Kugelflasche angebracht ist, sind leider in Beziehung auf die sie erregenden Schwingungszahlen nicht genauer bestimmt worden, so dass ein Zahlenbeleg in dieser Sache jetzt nicht geliefert werden kann. Da es wahrscheinlich erscheinen konnte, dass die Schwingungen dann eintreten mussten, wenn der zugeleitete Ton in derselben Periode die Stösse ertheilte, wie sie der Glasfaden oder aliquote Theile desselben nach seiner Form und Elasticität geben musste, so wurde diese Frage durch directe Versuche erledigt. Man mochte nämlich den Glasfaden, während einer constant erhaltenen Maximalschwingung kürzen, so oft man wollte, der restirende Faden fuhr fort zu schweigen so lange der Ton in constanter Höhe gehalten wurde.

Die Tonzuleitung geschah auch hier in zweifacher Weise, ein Mal vom Zuleitungsrohr der Sirene aus und dann vom Helm aus.

Schwingungszahlen für die Maximalschwingungen der Sonde des ovalen Fensters bei Zuleitung des Tons vom Windrohr der Sirene aus.

Die ersten Sirenenstösse bis zu $35_{,0}$ gaben fortwährend kleine Erschütterungen.

Bei:

$45_{,0}$ Stössen Maximalschwingung mit 2 Knoten.
$64_{,3}$ „ Unreine Schwingung.
$90_{,0}$ „ Maximalschwingung.
$168_{,75}$ „ Maximalschwingung.
$300_{,0}$ „ Maximalschwingung mit 4 Knoten.

Dieser Ton wurde längere Zeit hindurch constant erhalten und während dessen die Sonde um 8 Cm. gekürzt. Die Kürzung hatte wohl Einfluss auf die Knotenzahl, jedoch nicht auf die Schwingungsgrösse selbst.

Die Sonde des runden Fensters zeigte nur im Anfange der Sirenenbewegung kleine unregelmässige Schwankungen und blieb später absolut ruhig.

Wiederholung desselben Versuches unter gleichen Bedingungen.

Zahl der Sirenenstösse:

$16_{,4}$, $22_{,5}$, $26_{,5}$, $34_{,6}$ . . . Während dieser Periode zeigen die Sonden beider Fenster unregelmässige Schwankungen, welche während der angegebenen Zahlen am stärksten beobachtet wurden.

$37_{,5}$ . . . . . Beginn einer wirklichen, jedoch unreinen, fächerförmigen Schwingung.

$45_{,0}$ . . . . Erstes Schwingungsmaximum. Die Sonde schwingt in der Weise, dass sie bis nahe vor ihrem Ende einen einzigen Bausch bildet, welcher vor der Spitze in einen Knoten ausläuft, dem wieder die fächerförmig schwingende Spitze folgt. Die Schwingung beginnt in der Richtung der Gehörgangsaxe (Axe des Blechrohrs), sie ändert sich dann durch eine Drehung um $45_{,0}$; dreht sich dann noch weiter, um ad maximum rechtwinklig zur Gehörgangsaxe zu schwingen. Bei Steigerung des Tons und davon abhängiger Abschwächung der Schwingung macht die Sonde wieder eine Drehung, um schliesslich in der ursprünglichen Richtung der Gehörgangsaxe auszuschwingen und ruhig zu bleiben, bis bei

$90_{,0}$ . . . . ein zweites Schwingungsmaximum zur Beobachtung kommt, dessen Richtung durch die Axe des Gehörgangs bezeichnet wird. Die Sonde bildet 2 Bäusche. Bevor die Sonde zur Ruhe kommt, wird die Schwingung unrein.

$180_{,0}$ . . . . Drittes Schwingungsmaximum mit mehreren Bäuschen. Die Maximalschwingung geschieht in der Richtung rechtwinklig zur Gehörgangsaxe; An-

Zahl der Sirenenstösse:

fang und Ende der Schwingung hat die Richtung der Gehörgangsaxe; während dieser Periode ist die Schwingungsform wechselnd geradlinig, elliptisch und rund.

Bei einem Ton, welcher etwas unter

$277_{,0}$ . . . . zu liegen schien, wurde noch eine schnell vorübergehende und daher schwer zu fixirende und nicht genauer gezählte Maximalschwingung beobachtet.

$300_{,0}$ . . . . Maximalschwingung mit mehreren Bäuschen.

Bei dem Ton von

$533_{,3}$ . . . . schien noch eine Schwingung aufzutreten; jedoch war dieselbe so zart und schnell vorübergehend, dass die letzte Zahl nur eine sehr fragliche Bedeutung hat.

Die Sonde des runden Fensters zeigte auch während dieses Versuches, mit Ausnahme der ersten notirten Schwankungen, keine Bewegung.

Wiederholung desselben Experimentes mit der Abänderung, dass der Sirenenton vom Helm aus zugeleitet ward. Das Trommelfell stand also unter keinem gesteigerten Luftdruck.

Zahl der Sirenenstösse nach mehrfachen Zählungen:

$37_{,5}$—$38_{,46}$ . . . . . Maximalschwingung mit 3 Knoten.

$75_{,0}$ (3 Mal gezählt) . . Maximalschwingung mit vier 42 Millimeter langen Bäuschen.

$150_{,0}$—$151_{,57}$—$153_{,07}$ . . Schwache Maximalschwingung mit vier deutlichen, 35 Millimeter langen Bäuschen.

$230_{,77}$—$240_{,0}$ . . . . . Maximalschwingung.

$300_{,0}$ (mehrfach gezählt) . Maximalschwingung mit 4 deutlichen Knoten.

$355_{,5}$—$369_{,23}$ . . . . Schwache Maximalschwingung mit 5 Knoten.

$450_{,0}$ (drei Mal gezählt) . Maximalschwingung mit 5 Knoten.

$562_{,5}$—$571_{,3}$ . . . . . Maximalschwingung mit 6 Knoten; die einzelnen Bäusche hatten eine Länge von 28 Millimetern.

$600_{,0}$ (zwei Mal gezählt) . Maximalschwingung mit 7 Bäuschen.

Das runde Fenster verhielt sich auch bei diesem Experiment indifferent.

Setzt man anstatt der schwingenden Sonde einen Stab auf das ovale Fenster, so fühlt die den Stab haltende Hand, während dieser ganzen Periode, die Dröhnung scheinbar unverändert, und es haben desshalb diese Schwingungsmaxima etwas Auffallendes. Um zu sehen, ob durch die Stösse in der Längsrichtung der Columella nicht etwa Schwingungen hervorgebracht wür-

den, ward an den perpendikulären gläsernen Fühlhebel ein zweiter, rechtwinklig von ihm abgehender Glasfaden befestigt. Beide Fäden schwangen jedoch im Ganzen ähnlich und gleichzeitig, obwohl die stärksten Maxima nicht immer ganz genau zusammenfielen. Wie beide Fühlhebel ihre gleichzeitigen Schwingungsperioden hatten, so verharrten sie auch beide zwischen den einzelnen Schwingungen in scheinbar absoluter Ruhe. Auch bei dem horizontal gelagerten Fühlhebel waren die Schwingungsmaxima unabhängig von seiner Länge, wie wiederholte Verkürzungen ergaben.

Diese Beobachtungen berechtigen zu der Annahme, dass die Columella nicht in ihrer ganzen Masse auf- und abwärts schwingt, sondern dass die einzelnen Tonpulse mit Hülfe von Verdünnung und Verdichtung ihrer Masse — also als wahre Molekularschwingung[1]) — durch sie hindurch laufen, welche sich periodisch in den Glasfäden in eine transversale Schwingung umsetzten.

Es wurden nun noch mehrere Versuche mit der Müller'schen Flasche angestellt, welche den Zweck verfolgten, Aufschlüsse über die Art der Schallwellenübertragung an das Labyrinthwasser zu erlangen.

Wir tauchten den ganzen wasserdichten Apparat unter Wasser, indem wir ihn an einem Tau befestigten, welches über eine Rolle geleitet war, so dass wir die Flasche verschieden tief in das Wasser einsenken konnten. Um ein Schwimmen zu vermeiden, war die Flasche durch ein angehängtes entsprechendes Gewicht schwerer gemacht. Während so die nach oben gerichteten Fenstermembranen sich dicht unter der Oberfläche des Wassers befanden, wurde der Sirenenton in den Gehörgang (Blechrohr) geleitet, und es zeigten sich, so lange die Anzahl der Stösse eine geringe war, (bis etwa zu 30 bis 40 Stössen in der Secunde) oberhalb des ovalen Fensters nur bei günstiger Beleuchtung eben sichtbare, schwache concentrische Wasserwellen. Diese Erscheinung trat aber nur dann ein, wenn die Membran sich dicht unter dem Wasserspiegel befand; sie verschwand, sobald der Apparat um $^1/_2$ Cm. gesenkt wurde. Später, als die Sirenenscheibe in schnellere Umdrehungen gerathen war, liess sich keine Bewegung des Wassers mehr erkennen, auch dann nicht, wenn die Columella in starke transversale Schwingungen gerieth. Auch im Wasser suspendirte Partikelchen, wie Gyps oder Lycopodium, zeigten keine Bewegung. Dagegen trat ein anderes interessantes Phänomen ein. Wenn der Apparat etwas tiefer, etwa 3 Zoll, eingetaucht war, fühlte man nicht nur die schon oben erwähnten Dröhnungen bei Berührung der Membran des ovalen Fensters, sondern auch im Wasser selbst, oberhalb des ovalen Fensters, bis zu einem halben Zoll von ihm entfernt, hatte man am Finger das Gefühl, als wenn Wasser kräftig an demselben hingetrieben würde, wobei man bekanntlich den Eindruck einer zitternden Bewegung empfängt. Nichts desto weniger konnten wir, wie gesagt, eine Bewegung nicht sichtbar machen; auch dadurch nicht, dass wir einen am Ende kugelig angeschwollenen, recktwinklig gebogenen, leicht beweglichen glä-

---

1) Natürlich sind hiervon die periodischen oben beschriebenen Transversalschwingungen der Columella ausgenommen.

sernen Fühlhebel so auf der Korkplatte befestigten, dass die kleine Kugel dicht oberhalb des ovalen Fensters schwebte. Auch bei diesen Versuchen war am runden Fenster keine Spur von Bewegung zu erkennen.

Der ganze Apparat wurde nun in eine, ungefähr 8 Fuss lange, mit Wasser gefüllte Rinne gelegt, um das ovale Fenster mit einer 3, resp. 6 Fuss langen, 4 Linien im Durchmesser weiten Glasröhre unter Wasser in Verbindung zu bringen. Die Glasröhren hatten in ihrer Mitte eine seitliche runde Oeffnung vom Durchmesser des Lumens der Röhre, welche, wie das eine Ende der Röhre, mit einer Membran verschlossen ward, die in starke tönende Schwingungen gerieth, wenn man, die Scala singend, die Röhre im Munde hielt. Eine dieser Röhren ward nun mit ausgekochtem destillirten Wasser gefüllt und dann vorsichtig unter dem Wasser der Rinne mit dem ovalen Fenster in Verbindung gebracht. Diese Verbindung war eine verschieden feste; die lange Röhre war trichterförmig erweitert, so dass sie über das ovale Fenster gestülpt gegen die Korkplatte der Kugelflasche gepresst werden konnte; die kürzere Röhre dagegen wurde durch einen kurzen Gummischlauch fest mit dem ovalen Fenster verbunden. Die beiden Membranen waren mit zarten gläsernen ca. 15 bis 20 Cm. langen Fühlhebeln versehen, welche jede ihrer Bewegungen deutlich anzeigen mussten. Als wir jedoch den Ton der Sirene in die Müller'sche Flasche leiteten, so dass sich also die Tonschwingungen direct in das Wasser der Röhre fortsetzen mussten, verhielten sich die Fühlhebel absolut ruhig, und zwar nicht nur unter Wasser, sondern auch dann, wenn wir die Membranen über das Niveau des Wannenwassers erhoben. Das Resultat war also ein negatives, den Erwartungen nicht entsprechendes. Jedoch hat schon Wertheim darauf aufmerksam gemacht, dass die Schwingungen des Wassers durch sehr kleine Verunreinigungen und Luftblasen erheblich gestört werden.[1]) Wir konnten leider nicht genügende Zeit darauf verwenden, um den Versuch so fehlerfrei anzustellen, dass der negative Erfolg ein wirklich beweisender geworden wäre und müssen wir also die Sache zu weiteren Prüfungen empfehlen.

In anderer Weise ist es uns jedoch gelungen, sowohl im Wasser, als auch ausserhalb des Wassers den Beweis für die longitudinalen Wellenbewegungen des Labyrinthwassers, wenigstens für unseren imitirten Hör-Apparat zu liefern.

Es wurde nämlich die seitliche Oeffnung der sechsfüssigen Glasröhre durch einen Korken geschlossen, das eine Ende wieder mit einer Membran verschlossen und im Uebrigen die Füllung der Röhre, sowie die Verbindung derselben mit dem ovalen Fenster ebenso hergestellt, wie es beim vorigen Versuche bereits beschrieben ist; nur war die Lage der Röhre in so fern eine andere, als die Endmembran über das Niveau erhoben war. Gegen

---

1) Des poudres legères suspendues dans l'eau suffisent déjà pour gêner les vibrations; c'est pourquoi j'aie échoué dans toutes les tentatives que j'ai faites pour rendre les noeuds de vibration visibles.

Mémoire sur la vitesse du son dans les liquides; par M. G. Wertheim. Annales de chimie et de physique Troisième Série. Tome XXIII. pag. 458.

diese Membran wurde nun, in ihrem Mittelpunkt, ein rechteckiger 36 Cm. langer Glasstab von durchschnittlich $2_{,5}$ Mm. Breite und $1_{,5}$ Mm. Dicke mit seinem knopfartig angeschwollenen Ende angestemmt, um seinen zweiten Stützpunkt an der Spitze eines konisch zugespitzen dicken kurzen Glasstabes zu finden, welcher in eine entsprechende Vertiefung des anderen Glasstabendes hineinpasste. Ein schwerer Mauerstein diente dem dickeren konischen Glasstab mittelst Sigellack zur Befestigung. Wenn nun auf die breite Seite des Glasstabes Sand oder Lycopodium gestreut, und dann der Sirenenton in den Gehörgang der Müller'schen Flasche geleitet wurde, so bemerkte man während gewisser Tonhöhen, dass der Sand resp. der Bärlappsamen abgeworfen wurde, während sich zu anderen Zeiten keine Bewegung nachweisen liess. Wir haben keinen Anstand genommen, diese geringe Bewegung für den Ausdruck durch den Stab verlaufender longitudinaler Wellen zu halten, welche sich ja stets mit transversalen Ausbuchtungen combiniren, [1]) haben indessen durch eine Modification dieselben noch deutlicher zur Anschauung bringen können.

Es wurden nämlich, anstatt des aufgestreuten Sandes, kleine Papierringe aus feinem Postpapier über den Stab geschoben, deren Oeffnung so gross war, dass sie sich bequem auf dem Stabe verschieben konnten. Sie wurden gleichmässig so angeordnet, dass die einzelnen Ringe circa 1 Cm. von einander entfernt waren. Als nun der Ton zugeleitet wurde, machten sich periodisch deutliche Bewegungen dieser kleinen Ringe bemerkbar, und zwar kam hierbei ein auffallendes Phänomen zur Erscheinung. Die Bewegung der Ringe war nämlich nicht nur so, dass sie sich von zwei Seiten her an einem Punkte irgend eines Theils des Stabes, oder auch am Endpunkte desselben ansammelten, sondern diese Bewegung geschah durch kreisende Drehbewegungen in einseitiger Richtung. Die Schwingungszahlen, welche den stärksten dieser Bewegungen entsprachen, waren $50_{,0}$ — $138_{,7}$ — $257_{,4}$; Zahlen, welche nicht mit der Länge der in Betracht kommenden Wassersäule in Beziehung zu bringen sind, da stehende Wellen nach der Rechnung nicht da sein konnten.

Wenn wir in der Weise, wie Lucae es für andre Zwecke gethan hat, [2]) beide Fenster mit einem U förmigen Rohr verbanden, welches Wasser mit suspendirtem Bärlappsamen enthielt, so war nur bei den niedrigsten Tönen der Sirene ein schwacher Wirbel in der dem ovalen Fenster zunächst gelegenen Wasserschicht bemerkbar, während sich durch die ganze übrige Tonreihe hindurch das Lycopodium ruhig auf die beiden Fenstermembranen herabsenkte.

Als dieses U förmige Glasrohr derartig verändert wurde, dass an einem Ende eine ampullenartige Erweiterung angeblasen wurde, welche an einer Seite eine durch einen Kork verschliessbare Oeffnung besass, und dieser Kork mit feinsten Glasfäden besetzt wurde, so dass das Ende des Korkes, analog den halbcirkelförmigen Canälen, die Crista acustica darstellte, auf

---

1) Savart. Annales de Chimie et de Phisique. Tome LXV. — Akustik, bearbeitet von Seebeck im Repertorium der Physik. Bd. VI.

2) A. Lucae. Ueber die Druckverhältnisse des innern Ohrs. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft 1.

welcher die kleinen Glasfäden die Hörhärchen imitirten, ergab die Schallzuleitung keine mit unbewaffnetem Auge sichtbare Bewegung des Wassers, welche wir an den kleinen Hörhärchen zu beobachten gedachten. Als wir nun aber ein Stückchen zartester Glaswolle, welche bekanntlich in allen Regenbogenfarben schillert und dabei sich durch grösste Leichtigkeit auszeichnet, in das Labyrinthwasser so einführten, dass es auf die vorspringenden Hörhaare zu liegen kam, bemerkten wir allerdings, dass dieser Körper von einem offenbar in Schwingungen gerathenden Hörhärchen sehr deutlich bewegt wurde.

Wir haben dann noch das ovale Fenster unserer Kugelflasche mit einem gläsernen Apparat in Verbindung gebracht, welcher vollkommener das Labyrinth nachahmte. Von dem erweiterten das Vestibulum darstellenden Raum ging seitlich ein halbcirkelförmiger Canal ab, dessen Durchmesser 3 Mm. betrug, und in dessen Ampulle ein, mikroskopisch feine Glasfäden tragender, Kork hineinragte. Dieser auf der Korkplatte der Müller'schen Flasche fest aufgekitteter Apparat wurde in eine solche Lage gebracht, dass die Hörhärchen durch ein passend angebrachtes Mikroskop beobachtet werden konnten, und in der That zeigte bei einem gewissen Ton, dessen Schwingungszahl leider nicht gezählt wurde, eines dieser Härchen eine deutliche Schwingung, deren Excursion wohl das doppelte des Dickendurchmessers des Glasfädchens betrug. Andere Härchen, welche länger resp. breiter oder schmäler waren, verhielten sich zu gleicher Zeit ruhig, schwangen indessen bei Steigerung des Tones.

Wenn sich in diesem künstlichen Labyrinth auf dem Wasser ein Luftbläschen befand, so wurde dasselbe anhaltend in starke Bewegungen versetzt, auch wohl zerrissen und im Wasser umhergetrieben. S. Note No. III.

Fassen wir nun alle, die Schwingungen des schallleitendsn Apparates betreffenden, Erfahrungen zusammen, so drängt sich uns die Ansicht auf, dass die Tonzuleitung zwar gewiss mit Transversalschwingungen einhergeht, aber so stark auch dieselben nachzuweisen gewesen sind, scheint man doch genöthigt zu sein, die Wirksamkeit der Longitudinalschwingungen daneben aufrecht zu erhalten; sowohl desshalb, weil das eine Mal die Gehörknöchelchen in der Längsaxe des Ohres schwingen, das andere Mal rechtwinklig auf dieselbe, — und in letzterem Falle Stempelbewegungen des Steigbügels doch unmöglch in nennenswerther Weise hervorgebracht werden können — als auch, weil sie oft vollständig ruhig sind, während doch unser eigenes Ohr die Töne äusserst deutlich zu vernehmen vermochte. Namentlich wichtig scheint in dieser Beziehung die Beobachtung an der Müller'schen Flasche zu sein, wo innerhalb der Grenzen der durch die Sirene zu erzeugenden Töne die Dröhnung und jene merkwürdige Erschütterung des Wassers — so weit sich das erkennen liess, — gleichmässig auftrat, während auch hier die Transversalschwingungen ausgesprochen periodisch waren. Die letzteren können natürlich die Longitudinalschwingungen verstärken resp. sich mit ihnen combiniren, wie das nach den Versuchen mit dem angestemmten Glasstabe in der That der Fall zu sein scheint. Seit den Versuchen Wertheim's, welcher das Wasser in Orgelpfeifen zum Tönen

brachte,[1]) liegt doch kein Grund vor, die Möglichkeit longitudinaler oder molekularer Schwingungen im Wasser des Labyrinthes zu leugnen.

Wenn die Weber'sche Theorie[2]) von den Transversalschwingungen der Gehörknöchelchen und der ungeschwächten Stempelwirkung des Steigbügels, welche die beiden Fenstermembranen mit dem von ihnen eingeschlossenen Labyrinthwasser, gleich den beiden Fellen einer Trommel, mechanisch hin und her bewegt, seit ihrem Auftreten dennoch die Mehrzahl der Physiologen zu ihren Anhängern zählt, so ist es auf der andern Seite hervorzuheben, dass Claudius[3]) auf Grund seiner reichen vergleichend anatomischen Forschungen, jener Hypothese entgegenzutreten und ihre Unhaltbarkeit durch anatomische Thatsachen und theoretische Gründe darzulegen bestrebt war.

In seinem neuesten Werke[4]) giebt auch Wundt eine Erklärung der Schwingungsformen für die Schallwellen in unserem Ohre, welche sich weit von der Weber'schen Hypothese entfernt, dagegen durch unsere Experimente, wenn auch nicht vollständig, so doch wesentlich unterstützt wird.

Die Geringfügigkeit der Aenderungen, welche die directen Eingriffe auf unsere Trommelfelle hervorbrachten, scheint in der Weise gedeutet werden zu müssen, dass es auf die genaue Schwingungsform des Trommelfells und der Gehörknöchelchen nicht so sehr ankomme, sondern dass es sich überhaupt nur darum handle, eine Uebertragung der Luftstösse auf das Wasser des Labyrinthes zu vermitteln. Sind die Luftstösse synchronisch mit den Schwingungen, welche die einmal in Bewegung gesetzten Theile des mittleren Ohrs, wie es gerade ihrer zeitweiligen Belastung entspricht, ausführen würden, so werden diese Theile selbst in stärkere Excursionen kommen, die, wie wir gesehen haben, sehr beträchtlich werden können. Es können jedoch die Massenschwingungen der Columella und, wie es nach den Fühlhebelversuchen am todten Ohre scheinen muss, auch diejenigen der Gehörknöchelchen selbst bei den intensivsten Tönen absolut fehlen, während diese Töne doch von den Lebenden können gehört werden. Wenn also solche Bewegungen eintreten, erscheint uns der Ton intensiver, aber dass sie nöthig sind, um eine Tonwahrnehmung überhaupt zu vermitteln, ist noch nicht erwiesen.

Die Mittheilung der vorliegenden Untersuchungen verfolgt, wie hier ausdrücklich bemerkt werden soll, nicht den Zweck, in schwierigen theoretischen Fragen über das Hören irgend einen Abschluss zu bringen, sondern es ist nur die Absicht, Versuchsmaterial beizubringen, welches in einem praktisch noch wenig bearbeiteten Gebiet die Anregung zu geben hat, auf welcher exactere und mit besseren Mitteln ausgeführte Versuchsreihen demnächst bestimmtere Schlüsse erlauben werden. Nicht die kleinen theoreti-

---

1) Annales de Chimie et de Physique, 3. série. Tome XXIII. (Août 1848.)

2) Eduard Weber. Ueber den Zweck des Fenestra rotunda u. s. w. Amtlicher Bericht über die 19. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Braunschweig im September 1841. pag. 83. — J. Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 5. Auflage. Bd. I. pag. 493. —

3) M. Claudius. Physiologische Bemerkungen über das Gehörorgan der Cataceen und das Labyrinth der Säugethiere. Kiel 1858.

4) W. Wundt. Handbuch der medicinischen Physik. Erlangen 1867.

schen Excursionen, die wir uns erlaubt haben, sondern die factischen Beobachtungen sind es, auf welche wir einigen Werth legen möchten.

Die während des Abschlusses unserer Arbeit erschienene Abhandlung von Helmholtz, über „die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells“ [1]) konnte von uns leider nicht mehr benutzt werden, da einmal der Gang unserer Untersuchungen eine andere Richtung eingeschlagen hatte, und weil andererseits äussere Verhältnisse mich zwangen, der Ausdehnung meiner Arbeit Schranken zu setzen.

Note I. Ich habe mir sehr viel Mühe gegeben, das Räthsel des Muskelgeräusches zu lösen, freilich ohne Erfolg; jedoch theile ich einige meiner Versuche mit, vielleicht hat dabei ein Anderer besseres Glück.

Das Geräusch besteht bei mir aus einem tiefen Ton und Stössen, welche etwa 12—20 Mal in der Secunde erfolgen; es trat in jener Zeit, wo ich mich damit mehr beschäftigte, häufig spontan bei unverschlossenem Gehörgang und ruhiger Lage auf. Wenn ich mein Ohrläppchen durch einen Stab in den Gehörgang presse und den Stab gegen die Wand lehne, während mein Körper eine möglichst ruhige und sichere Lage annimmt, so dass womöglich kein Muskel des Kopfes und Halses in Thätigkeit ist, bleibt das Muskelgeräusch deutlich und unverändert so lange ($^1/_2$—1 Stunde) bestehen, wie man das Experiment fortsetzt. Dieser Umstand brachte mich auf die — unphysiologische wird man wohl sagen — Idee, dass es sich um einen sehr lange dauernden Tetanus des Tensor tympani handle, der etwa dann entstehe, wenn das Trommelfell irgend ungewöhnlich stark gezerrt werde, und dessen Zweck sei, den Schwingungen zu stark wirkender Töne durch Abänderung der Spannung des Trommelfells entgegen zu treten. Solchen Tetanus oder solche langandauernde Zuckungsstösse, wie sie die Beobachtung erfordern würde, kennen wir vom quergestreiften Muskel im physiologischen Zustand nicht, sie sind jedoch wissenschaftlich constatirt für die Muskeln der Zunge und des Gesichts nach Durchschneidung der betreffenden Nerven, und ferner scheinen die Muskeln, welche den Mund geschlossen halten, diese kleine Arbeit sehr ausdauernd zu verrichten. Wie dem auch sei, ich prüfte, ob Bewegungen des Trommelfells bei Reizung desselben durch Anlegen oder Einstechen einer Sonde zu constatiren seien. Dies geschah theils am eignen Trommelfell (das erstere), theils am Trommelfell des Meerschweinchens. Bei diesem Thier kann man ohne Mühe und ohne Verletzung des Hirns von oben und innen her an's Trommelfell gelangen, ebenso von aussen her, wenn man sich bei der Präparation ganz scharf an die Wandung des Gehörgangs hält. In beiden Fällen erhält man continuirliche Vibrationen der an's Trommelfell angelehnten respective eingestochenen und genügend hergerichteten Sonden, aber — es gelingt nicht, namentlich nicht beim Meerschweinchen, diese Sonden ein-

---

1) Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. Bd. I. Heft 1.

fach an den Kopf anzulehnen, ohne Vibration zu erhalten. Ich habe die Idee, dass das Muskelgeräusch unter Umständen vom Tensor tympani herrühre, aufgegeben und komme doch immer wieder darauf zurück. Noch kürzlich hatte ich Gelegenheit zu bemerken, dass durch die sehr starke aber etwas scharfe Stimme einer Sängerin beim c'' und d'' in meinem linken Ohr regelmässig das Muskelgeräusch hervorgerufen wird, nicht zu verwechseln mit dem Schwirren bei Terzengängen von Sopranstimmen, welches Helmholtz erwähnt (Archiv l. c. S. 43), doch höre ich, des äusseren Tons wegen, nur die einzelnen Stösse (etwa 12 Mal die Secunde), den tiefen Ton bemerke ich nur schwierig. Mein rechtes Ohr bleibt ruhig. Ich möchte bitten, dass der Leser einmal auf diese Erscheinung achte. Helmholtz, Archiv f. Physiologie, S. 33 Anmerkung, bezieht den Muskelton beim Gähnen auf den Tensor tympani; ich bin nicht davon überzeugt, dass dieser Muskel dabei thätig ist, sondern glaube, dass bei geöffneter Tuba die Thätigkeit der Gaumenmuskeln zur Erklärung des Geräusches ausreichen könnte, jedoch ist zu constatiren, dass Alles darauf hindrängt, als Criterium der Thätigkeit des Tensor gewisse Fälle des Muskelgeräusches bei offenem Ohr anzunehmen. Warum aber bemerkt man diese Thätigkeit einerseits beim Hören so selten, dass ich wenigstens vergeblich nach anderen Fällen wie den oben genannten suche, anderntheils so dauernd, wenn man unter Ausschluss jeder Muskelthätigkeit den Gehörgang dicht, und mit Compression der Luft in ihm, verschliesst? Endlich, die Thätigkeit des Tensor fehlt zuweilen, wenn eine Sonde ganz frei und ruhig am Trommelfell anlehnt.

Note II. Die Untersuchung über die Schwingung der Gehörknöchelchen ergiebt so viel Uebelfriedigendes und Paradoxes, dass ich nicht umhin kann, einige weitere Versuche anzufügen. Allerdings ist durch unsere Arbeiten wohl eine Erweiterung der Erfahrungen von Pollitzer und König gegeben, jedoch diese läuft schliesslich darauf hinaus, dass es sehr misslich ist, mit angeklebten Fäden zu operiren. Völlig unbefriedigend blieben unsere Versuche deshalb, weil es nicht gelang, den Einfluss, welchen die Form der Glasfäden und die Länge der Zuleitungsrohre nothwendig auf die Schwingungsmaxima haben muss, nachzuweisen. Der Grund, dass dies nachzuweisen trotz aller Mühe nicht gelang, muss darin gesucht werden, dass die Masse der verdickten Basis der Glasfäden, namentlich aber das Gewicht der durch die gespannten Haftbänder stark belasteten Gehörknöchelchen zu sehr überwog gegen den Einfluss, welchen die Verkürzung der sehr feinen Spitzen hat. Es ist mir jetzt aber gelungen, alle die Schwingungsformen, welche uns zuerst so auffallend von den Gehörknöchelchen aus entgegentraten, von einfachen Membranen aus zu erhalten. Ich öffnete eine offene Orgelpfeife an der Stelle ihres Knotenpunktes und setzte mit Hülfe eines kurzen Kautschukschlauchs ein Glasrohr an die Oeffnung an. Darauf verschloss ich dies Rohr mit einer Membran, auf welcher ein langer Glasfaden befestigst war und kürzte diesen sehr allmählig, während die Pfeife angeblasen ward. Ich erhielt dabei nicht nur starke und schwache, sondern auch elliptische Schwingungen und namentlich die eigenthümliche Art von Bewegung, welche oben mit dem Namen „unreine Schwingung" bezeichnet ward. Während diese, nur durch sehr vorsichtige Kürzung des Fadens zu erzielende Schwingung auftritt, ändert sich der Ton der Orgelpfeife selbst, steigt und fällt und wird

unruhig. Demnach bringt dies Versuchsmaterial so viele Complicationen in die Untersuchung hinein, dass dabei die Resultate zu sehr getrübt werden um Werth zu haben.

Ich habe nun die Schwingungen der Gehörknöchelchen direct beobachtet. Man kann von unten her sehr gut die Spitzen von Ambos- und Hammer-Stiel, sowie den Bogen und die Labyrinthfläche des Steigbügels schwacher Vergrösserung zugänglich machen ohne irgend eine Verbindung der Gehörknöchelchen unter sich oder mit der Knochenwand zu lösen. Man sägt zu dem Zweck ein Stück aus dem unteren Theil der Pyramide aus, indem man einestheils parallel und nach innen mit dem Processus styloidleus, der erhalten bleibt, anderntheils inder Ebene, welche durch den Meatus acusticus internus und die untere Wand der Tuba Eustachii gelegt werden kann, den Sägenschnitt führt. Schwierig ist dabei nur, genügend nahe an den Steigbügel heran zu kommen, ohne die ihn umgebende Knochenwand zu verletzen, jedoch mit einer gut feucht gehaltenen Laubsäge gelingt dies recht wohl.

Nachdem nun die Knöchelchen mit Amylon bestäubt waren, beobachtete ich bei 40facher Vergrösserung ihre Schwingungen. Töne der Sprache gaben keine merklichen Bewegungen, ein voller Accord (c dur) auf Orgelpfeifen gab eine leise Verschiebung von Hammer und Ambos nach innen und eine leise Unruhe überall. Resonator für g' dann für e''' ins Ohr gesagt gaben keine merkliche Verstärkung dieser Bewegungen bei Angabe der entsprechenden Töne. Jetzt ward aus dem Knotenpunkt der Orgelpfeife g der Ton durch ein Kautschukrohr direct ins Ohr geleitet (derselbe wirkte in meinem Ohr auf diese Weise eingeleitet äusserst intensiv), die Excursion des Hammers ging vorzugsweise nach innen und betrug $0{,}055$ Mm., Ambosstiel $0{,}007$ Mm., Steigbügel ebenso. Jetzt ward vom Resonanzkasten der Sirene, dem mittlerweile ein entsprechendes Ansatzrohr eingefügt ist, der Ton zugeleitet.

1. Maximum Hammer $0{,}13$ Mm. 257—270 Schwingungen
2. „ „ $0{,}1925$ „ 432 „
3. „ „ $0{,}05$ „ 900 „

vom Zuleitungsrohr zur Sirene

1. Maximum Hammer $0{,}055$ Mm. 80 Schwingungen
   Ambos $0{,}027$ „ „ „
   Steigbügelplatte schwach „ „
   dann {Ambos / Steigbügel} $0{,}04$—$0{,}055$ Mm. bei 94 „
2. Maximum {Ambos / Steigbügel} $0{,}0275$ bei 180 Schwingungen
   „ Hammer $0{,}065$ „ „ „

Das Trommelfell schwang stärker wie der Hammer, aber doch kaum doppelt so stark. Bei den zwischen liegenden Schwingungs-Zahlen war nur leichte Unruhe der Gehörknöchelchen, aber keine messbare Excursionsbreite zu constatiren. Die Schwingungen waren durchaus linear und in der Axe des Gehörgangs, sie waren, so weit sich dies erkennen lässt, vorwiegend Dislocationen nach einwärts, nicht Schwingungen, welche die Ruhelage zum Mittelpunkt hatten. Ich prüfte noch ein zweites Präparat vom menschlichen

Ohr, dessen Trommelfell jedoch etwas gelöst war, es gab ähnliche Resultate.[1]) Bei der Präparation ward der Ursprungspunkt der beiden Muskeln zum Theil fortgeschnitten, da jedoch an solchen Spirituspräparaten die Elasticität der Muskeln vor allem gelitten hat, ist dies nicht gerade von Nachtheil.

Ueberhaupt habe ich nicht versucht, möglichst exacte Resultate zu erlangen, dazu würde ich frische Thierohren vorziehen und ausserdem anstatt die Sirene, die so reich an Obertönen ist, zu gebrauchen, lieber eine Anzahl Orgelpfeifen opfern. Ich kann jedoch zur Zeit solche Versuche nicht anstellen. Es genügt mir, den Nachweis geführt zu haben, dass in dieser Weise die Thätigkeit der Gehörknöchelchen direct geprüft werden kann. Ueber die Ansicht, welche Helmholtz über die Schwingung der Gehörknöchelchen dargelegt hat, erlaube ich mir noch kein Urtheil. Dagegen komme ich noch einmal auf die Verschiebungen des Labyrinthwassers zurück und möchte Folgendes zu bedenken geben. Der nach unserer Weise ins Ohr geleitete Sirenenton wird so intensiv gehört, wie es innerhalb der physiologischen Gränzen irgend statthaft ist. Man sollte also erwarten, dass der Steigbügel sich ad maximum bewege und dass, wenn eine Verstärkung dieser starken Bewegung durch Resonanz oder aus welchen Gründen auch immer eintritt, diese Verstärkung kaum sichtbar sein könnte, weil schon ohnehin die Gränzen der Beweglichkeit nahe erreicht sein müssen. Wir sehen nun, dass der Steigbügel an unserm Spirituspräparat schwingen kann in einer Breite von $0{,}055$ Mm., was dem einen Maximalwerth von Helmholtz ($0{,}056$ Mm.) genau entspricht. Nun aber treten bei derselben Tonstärke, aber veränderter Tonhöhe Schwingungen von weniger als $0{,}007$ Mm., dem kleinsten Werth, den ich noch genügend abschätzen mochte, ein. Die diesem Werth entsprechenden Volumsänderungen des Labyrinthwassers sind zu klein, um zu Gunsten der Annahme einer akustisch wirksamen Massenverschiebung zu sprechen, wenn man bedenkt, dass dabei der Ton stark gehört werden soll, auch entspricht die wirkliche Differenz der Tonintensität, wie ich sie an mir unter diesen Bedingungen beobachtete, so beträchtlichen Unterschieden der Bewegung der Knöchelchen keineswegs. Man kann die Schwingungen des Trommelfells noch in anderer Weise beobachten. Man führt in die Tuba ein Glasrohr ein und kittet in das durchbrochene Tegmen tympani eine zweite Glasröhre fest, welche als Brenner dient; dann leitet man von der Tuba aus Gas durch die Paukenhöhle. Zündet man jetzt vor einem rotirenden Spiegel das Gas an, so zeigt die Flamme die den verschiedenen Tonhöhen und der Klangfarbe der Vocale entsprechende Bewegung, wenn man in's Ohr hinein ruft. Auch hier tritt eine Differenz in der Stärke des Mitschwingens zu Tage. Vom Labyrinth aus erhält man bei analogem Verfahren nichts. Doch auch die Paukenhöhle ist, so weit ich versuchte, wenig empfindlich. Die Gaskapseln des Vokalapparats von König (d. Katalog 216) gaben dagegen sehr schöne Flammenbuchstaben nicht nur der Vokale, sondern auch der Consonanten. Nähere Mittheilungen möchte ich mir vorbehalten.

---

1) Die Kautschukröhre gab den Ton d; wenn sie mit dem Resonanzkasten verbunden war, konnte ich keinen Ton mehr anblasen.

Note III. Ueber die Schwingungen der nachgemachten Hörhärchen möchte ich noch Folgendes bemerken. Die Schwingungen waren an sich so schön, wie sie irgend verlangt werden konnten, aber sie traten sämmtlich bei niederen Tönen von 60—80 Stössen ein und ich war nicht im Stande, Härchen für höhere Töne zu erhalten. Es mag die zu grosse Länge und ungenügende Feinheit der Härchen daran Schuld gewesen sein, jedoch das Experiment wird dadurch getrübt. Ich habe mir jetzt zwar einen besonderen Apparat für diesen Versuch blasen lassen, weiss aber noch nicht, wie bald ich denselben werde benutzen können. Ich bemerke daher, dass man die Härchen aus bereits sehr feinen Glasfäden über ganz kleinen Flammen zieht, alsdann spaltet man der Länge nach einen Kork fast durch und legt sie nach einander hinein. Man kann dann dieselben beliebig weit in den Kork zurückziehen und trennt sie von einander durch zwischen gelegte Stücke von Glasfäden. Nun wird die Oberfläche des Korks mit Lack bedeckt und man erhält so eine sehr zarte Crinta acustica, welche man ins Wasser einführt.

Endolymphe und Perilymphe

von

Dr. med. Dähnhardt,

Assistent am physiologischen Institute.

In der neuesten Zeit hat man der feinern Anatomie des Gehörorgans eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt, während man der im Thierreich so allgemein verbreiteten und für die Uebertragung der Schallwellen an den Gehörnerven zweifelsohne nothwendigen Flüssigkeit ausser Acht liess.

Der Grund dafür ist wohl darin zu suchen, dass eben das Material zur Untersuchung schwierig und jedenfalls nur in äusserst kleinen Mengen zu erhalten ist; auch mag es im Ganzen zu unwichtig erschienen sein, sich über die Beschaffenheit dieser Flüssigkeiten zu orientiren.

Die Physiologie des Hörens ist jedoch auch von unbedeutend erscheinenden Verhältnissen abhängig, wie dieses gerade die feinere Anatomie illustrirt hat, so dass es von einigem Interesse erscheint, auch hier Resultate zu erhalten, zu denen die vorliegenden Notizen einen kleinen Beitrag geben mögen.

Die einzige Notiz, welche ich über die chemische Constitution der Endolymphe habe finden können, giebt Kölliker in seinem Handbuch der Gewebelehre nach Barruel an, welcher in der Endolymphe Schleim nachwies. Ausserdem beschreibt Brechet[1]) ihre physikalische Beschaffenheit, indem er dieselbe bezeichnet als: „une humeur claire, plus dense que léau (albumineuse sans doute)", wie z. B. beim Accipenser sturio.

Die hier folgenden Angaben sind ebenfalls durch die Untersuchung des Labyrinthwassers von Fischen erhalten. Prof. Hensen wie ich überzeugten uns, dass es äusserst schwierig sei, von den uns zu Gebote stehenden Säugethieren (Kalb, Hund) verwendbares Material zu erhalten. Es wurde daher der grösste von den Fischen des hiesigen Hafens, der Dorsch (Gadus Callarias) als Untersuchungsobject genommen.

Hier ist es leicht, von oben her durch allmälige Abtragung der Schädeldeckung die halbcirkelförmigen Kanäle zu erreichen, auch sind dieselben hinreichend weit und ihre Wandung resistent genug, um ein feines Capillarrohr in dieselben einzuführen.

1) Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouie des poissons. Paris 1838.

Perilymphe umgiebt die Kanäle in hinreichender Masse, um dieselbe ebenfalls aufsaugen zu können.

Ebenso ist es von unten leicht, Endolymphe aus dem Utriculus, welcher dieselbe in verhältnissmässig grosser Menge fasst, zu erhalten, nur ist es geboten, die fosse sous labyrinthe Brechet (siehe dessen Abbildung von Gadus morrhua Pl. 16), welche vom Utriculus durch eine zarte Membran getrennt ist, vorerst von der in ihr befindlichen Flüssigkeit [1]) zu befreien.

Die so erhaltene Endolymphe zeigt sich als eine vollkommen klare Flüssigkeit von schwach zähflüssiger Consistenz, durch welche letztere Eigenschaft sie sich deutlich von der Perilymphe unterscheidet, die eine vollständige Gallerte bildet.

Beim Stehen sonderte die Endolymphe sich in kleinen gelatinösen Klumpen und eine dieselbe umgebende leicht bewegliche Flüssigkeit, während ein mit Perilymphe gefülltes Uhrglas umgedreht werden konnte, ohne dass etwas abfloss.

Dieser Unterschied scheint allerdings nach Leidig nicht bei allen Fischen derselbe; Leidig giebt in seinem Lehrbuch der Histiologie an, dass „die Endolymphe mitunter bei Fischen dieselbe Consistenz, wie die gleiche Ausfüllungsmasse in den sogenannten Schleimkanälen habe, ja könne wie diese den Charakter einer festen Gallerte annehmen". Bei dem Dorsch ist dies nicht der Fall, wofür unten weitere Beweise folgen; auch Brechet will, wenn ich recht verstehe, Perilymphe und Endolymphe ihrer Beschaffenheit nach unterschieden wissen, wenn er auch keine Unterscheidungszeichen aufstellt. Chap XVI l. c. führt er als Beweis für die Existenz zweier wohl unterschiedener Flüssigkeiten ausser den anatomischen Verhältnissen dafür an: „un liquide (Perilymphe) distinct de celui qui contient le labyrinthe membraneux et de celui qui baigne l'encéphale."

Allerdings giebt auch er der Endolymphe an verschiedenen Stellen die Eigenschaften: plus dure que l'eau, gelatineux, gelatiniforme. Vom physiologischen Standpunkte dürfte auch die Anfüllung der halbcirkelförmigen Kanäle mit einer festen Gallerte wenig zweckentsprechend erscheinen, da alsdann an ein Schwingen der Hörhärchen kaum zu denken ist; während andrerseits die Umhüllung der Kanäle mit einer solchen Substanz als Schutzmittel auch in akustischer Beziehung wünschenswerth erscheinen dürfte.

Ebenso ist von embryologischer Seite von vorn herein insofern ein Unterschied in dieser Beziehung zu statuiren, als sich aus der bindegewebigen Hülle des epithelialen Theiles des Labyrinthes der mittlere Theil derselben zum Schleimgewebe umgewandelt, aus welchem sich nach und nach durch Auflösung des Zellennetzes, der die Perilymphe führende Hohlraum bildet (siehe Kölliker, Entwicklungsgeschichte), während die Endolymphe doch wohl als Product des anliegenden Epithels aufzufassen ist, sei es auch als Transudationsproduct.

In chemischer Beziehung dürfte es schon schwieriger sein, einen Unterschied anzunehmen, da wir die häutigen, respective knorpeligen Kanäle mit ihrem Epithel kaum als impermeable Membranen betrachten können; dennoch möchte ich auch qualitativ eine Differenz hervorheben, welche ich

1) Dieselbe zeigte chemischerseits dasselbe Verhalten, wie es unten von der Perilymphe gezeigt wird, doch war sie bei weitem dünnflüssiger.

zwischen der Peri- und Endo-Lymphe des Dorsches constatiren konnte. Die erstere enthielt nämlich Eiweiss, die letztere dagegen nicht. Auf diesen Punkt hin wäre es wünschenswerth, auch bei anderen Thieren Untersuchungen anzustellen, namentlich in Bezug auf die Frage, ob das Epithel das Transudiren des Eiweisses verhindere.

Gehen wir nun auf die chemische Beschaffenheit der Flüssigkeiten näher ein, so sei zuerst erwähnt, dass beide Flüssigkeiten alkalische Reaction zeigten. [1])

Der Gehalt an fester Substanz erwies dem oben Ausgesprochenen gemäss sich für die Perilymphe als ein grösserer.

Das Resultat mehrerer Prüfung auf diesem Punkt hin ergab:

Perilymphe auf 1000 Theile 21—22 Theile festen Rückstand
Endolymphe „ „ „ 15—16 „ „ „

Der Mucingehalt bei den Flüssigkeiten war leicht nachzuweisen. Durch Hinzufügen von Essigsäure entstand eine gallertige, weisse Fällung, welche sich meistens zu einem Klumpen zusammenballte, sich aber nicht im Ueberschuss des Fällungsmittels löste. Bei der Endolymphe zeigte sich eine weit geringere Ausscheidung.

Ein Eiweissgehalt konnte, wie erwähnt, nur in der Perilymphe gefunden, hier aber auch leicht durch die bekannten Reactionen nachgewiesen werden; dennoch möchte ich erst weitere Bestätigungen abwarten und darf nicht unerwähnt lassen, dass sich beim Hinzufügen von Salpetersäure zur Endolymphe ein paar Mal eine allerdings äusserst schwache Gelbfärbung zeigte, die sich beim Kochen und Zusatz von Ammoniak nicht vermehrte.

Erwähnt möge auch noch werden, dass sich bei der Xanthoproteïnsäure-Reaction der Perilymphe nach Zufügen von Ammonik eine dunkelkirschrothe Färbung der Flüssigkeit einstellte.

Durch blosses Kochen mit schwacher Ansäurung konnte auch in der Perilymphe keine Gerinnung erzeugt werden. Die anorganischen Bestandtheile betreffend, so fanden sich in beiden Flüssigkeiten hauptsächlich Chlornatrium (auch beim Kalbe auf mikroskopischem Wege constatirt), ferner in Spuren Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure.

Wir sehen also, dass jedenfalls die Perilymphe die Zusammensetzung der Flüssigkeiten der übrigen in anatomischer und embryologischer Beziehung verwandten Hohlräume, namentlich der Synovial-Flüssigkeit, besitzt.

Beide Flüssigkeiten sind zum Theil Producte der Transsudationsprocesse aus dem Blute. — Als Anhang zu dieser kleinen Mittheilung gebe ich noch einige Angaben über die Bestandtheile der Otolithen des Dorsches.

Brechet giebt l. c. Analysen der Otolithen von Pleuronectes max. und des Gehörsandes des Rochen nach Barruel an. Dieser fand

in 100 Thln.	bei Pleuronectes:	Matiére animale . .	$22_{,60}$
		Carbonate de chause .	$74_{,51}$
		Perte	$2_{,89}$
	beim Rochen:	Matiére animale analogue au mucus .	$25_{,00}$
		Carbonate de chause .	$75_{,00}$.

[1]) Dasselbe Verhalten konnte ich beim Kalbe constatiren; doch gelang es mir überall nicht kohlensaures Alkali nachzuweisen.

Brechet erwähnt noch, dass Barruel in beiden Fällen weder phosphorsauren Kalk noch kohlensaure Magnesia habe nachweisen können.

Die schönen, grossen, porcellanartigen, mit ausgezacktem Rande versehenen Otolithen des Gadus Calarias zeigen eine concentrische Schichtung mit radiärem Balkennetz, welches namentlich schön bei Behandlung mit Säure hervortritt.

Sie lösen sich mit Hinterlassung einer schleimigen Masse vollkommen in Essigsäure und bestehen in

100 Theilen aus: $22_{,45}$ organischer Materie
$77_{,55}$ anorganischer „

Von den anorganischen Körpern erwiesen sich als in Wasser löslich: Spuren von Kalk — Schwefelsäure — Kohlensäure —, in Wasser unlöslich als Hauptbestandtheil kohlensaurer Kalk, in Spuren Phosphorsäure, Schwefelsäure und Magnesia.

Voruntersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung

von

Theod. Klünder,

stud. med.

Bei den bis jetzt über die Zeit der Muskelzuckungen vorgenommenen Untersuchungen hat man theils das Stadium der latenten Reizung, theils die Dauer der Gesammt-Zuckung im Auge gehabt, nur selten [1]) hat man weitere Abtheilungen in der Beobachtung dieses Processes vorgenommen. In der That war bei dem bisherigen Verfahren die Messung der Abcissen und Ordinaten der Zuckungscurve sowohl sehr mühselig, als auch schwer mit erforderlicher Genauigkeit ausführbar; es blieb hier also ein Mangel in der Kenntniss des Verlaufs der Muskelthätigkeit bestehen, zu dessen Hebung die nachfolgenden Zeilen einen Anfang machen sollen. Dass wirklich eine ziemlich bedeutende Genauigkeit erreicht werden kann, mögen zunächst die folgenden Zahlen zeigen, welche die Messung einer Muskelcurve bis zum Beginn des Falles für $^1/_{400}$ Secunde geben. Da das Ansteigen $^{47}/_{400}$ Secunden dauerte, so ist die Abcisse in eine entsprechende Anzahl gleicher Theile zerlegt worden. Die Zahlen entsprechen dann den Ordinaten. Es sind 0,00125. 0,0038. 0,0068. 0,0109. 0,0162. 0,0222. 0,0294. 0,0374. 0,0455. 0,0538. 0,0632. 0,0726. 0,0815. 0,0911. 0,1086. 0,1159. 0,1240. 0,1319. 0,13905. 0,1456. 0,1516. 0,1576. 0,1632. 0,1684. 0,1738. 0,1835. 0,1883. 0,1932. 0,1981. 0,2031. 0,2076. 0,2122. 0,2168. 0,2219. 0,2263. 0,2304. 0,2346. 0,2386. 0,2424. 0,2454. 0,2482. 0,2506. 0,2524. 0,2537. 0,2544 pariser Zoll. Die vorstehenden Zahlen bilden also, wie man sieht, eine relativ sehr weit gehende Ausmessung der Muskelcurve; dennoch hat näheres Eingehen ergeben, dass die Genauigkeit noch höher getrieben werden muss, wenn diese Curven zu einer wirklichen Analyse der Bewegung verwendbar sein sollen. Leider zeigt es sich, dass eine weitere Ausdehnung eine für mich zu ausgedehnte Arbeit geworden wäre; ich habe mich daher begnügt, eine Uebersicht über das Verhalten des Muskels gegen den Schlag des Inductions-Apparates zu gewinnen, und habe auch von der Anwendung des constanten Stromes abgesehen, da sich

1) T. Place, De contractie-golf der willekeurige Spieren. Nederlandsch Archiff voor Genees en Natuurkunde. Deel III. 2. 1867, hat unter andern die Muskelzuckung in vier Abtheilungen getheilt.

bald zeigte, dass die Schluss- und Oeffnungszuckungen wegen ihres trägen Verlaufs, ihrer scheinbar grössern Inconstanz und des dabei leicht auftretenden Tetanus besondere Schwierigkeiten darboten.

Methode.

Die von mir angewandte Methode habe ich auf den Vorschlag meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Prof. Hensen ausgeführt, daher scheint mir hier die geeignete Stelle, demselben für das rege und stete Interesse, mit welchem er dieser Arbeit gefolgt und mir über sich darbietende Schwierigkeiten hinweghalf, und für die freundliche Bereitwilligkeit, mit welcher er mir die Apparate des Kieler physiologischen Instituts zur Verfügung stellte, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Die Methode beruht darauf, dass der Muskel auf einer Glasplatte, welche durch eine Stimmgabel in fortwährender pendelförmiger Bewegung gehalten wurde, seine Zuckung aufschrieb. Sie ist, wie sich später fand, nicht neu, scheint aber das eigenthümliche Geschick zu haben, wie von uns, so auch von Anderen immer neu entdeckt zu werden. Lippich[1]) erwähnt, dass Laborde schon 1860 (Cosmos XVII) einen Fallapparat beschrieben hat, auf welchen durch einen hin- und herschwingenden Schreibstift durch eine Curve die Fallbewegung gezeichnet wird. Er selbst hat einen ähnlichen Apparat erfunden und ebenso beschreibt jetzt Joh. Müller[2]) einen analogen Apparat. Letzterer erwähnt, dass von Babo in ähnlicher Absicht Stimmgabelschwingungen verwandt habe und Lippich empfiehlt auch, dass man zu Stimmgabeln greifen möge. Es zeigt sich also, dass das Princip, welches in dieser Arbeit benutzt worden ist, schon manche Freunde sich erworben hat. Man bekommt auf diese Weise Curven, wie sie auf Tafel IV mehrfach dargestellt worden sind. Aus ihnen kann man, wie sich leicht ersehen lässt, nicht nur die Hubhöhe und die Gesammt-Zeit, welche der Muskel zu seiner Zuckung brauchte, sondern auch die Schnelligkeit der Bewegung in den einzelnen Perioden ersehen. Jede ganze Welle entspricht nämlich einer Hin- und Herbewegung der Stimmgabel, jedesmal, wenn die Curve von Neuem durch die Mittellinie geht, ist eine halbe Schwingung gemacht worden und von der Mittellinie bis zum Maximum der Deviation ist die Zeit einer Viertel-Schwingung verflossen. Kennt man nun die Tonhöhe der Stimmgabel, so kann man daraus leicht die Schnelligkeit der Muskelbewegung ersehen.

Die specielle Anordnung, wie sie von den Autoren bisher getroffen ist, dass nämlich der schwingende Stab schreibt und die Platte fällt, dürfte für die Muskelzuckung nicht practisch sein.

An unserem Apparat Tafel III schwingt die Platte und der Muskel schreibt. Die allgemeine Anordnung dürfte nach der Figur leicht zu erkennen sein. A. ist der Schreibapparat des Muskels, B. die schwingende Stimmgabel, C die berusste Glasplatte, auf welcher der Muskel schreibt.

Die specielle Einrichtung hat mancherlei Abänderungen erfahren müssen, ehe ein genügend genaues Resultat erzielt wurde. Zwei Hauptmethoden

1) Ueber einen Fallapparat. Wiener Sitzungsberichte Bd. 52. Abthlg. 2. 1865.
2) Lehrbuch der Physik. 7. Aufl. pag. 254.

sind angewandt worden. Bei der einen, welche fortan als erste Methode bezeichnet werden wird, wird die Stimmgabel, welche 100 ganze Schwingungen per Secunde machte, einfach durch eine zweite, stromunterbrechende Stimmgabel E und einen Electromagneten fortwährend in Schwingung erhalten; es ward dann durch Oeffnung oder Schliessung der primären Spirale der Muskel zu einer Maximalzuckung gebracht und schrieb seine Curve. Diese Art Curven bezeichnen wir als „Zuckungscurven". Die Methode, deren Anordnung so einfach ist, dass sie keiner besonderen Figur bedarf, hat den Nachtheil, dass man das erste und letzte Ende der Zuckung nicht deutlich erkennen kann, dagegen den Vortheil, dass die Schwingungen der Stimmgabel tadellos regelmässig sind.

Die zweite Methode giebt Curven, welche fortan als Absprungscurven bezeichnet werden sollen. Sie erfordert ein etwas complicirteres Verfahren, denn es handelt sich bei ihr darum, die Stimmgabel plötzlich in regelmässige Bewegung zu setzen und dabei zu bewirken, dass durch den Eintritt der Bewegung selbst der Muskel gereizt werde. Zu dem Ende wird die Stimmgabel, wie dies auf Tafel III angedeutet ist, als Schliessung, respective als Nebenschliessung in den, die primäre Spirale des Inductions-Apparates durchkreisenden Strom eingeschaltet. Man lässt den Electromagneten der inducirten Stimmgabel B von einem besonderen Strom der Batterie H, welche durch den Schlüssel F unterbrochen werden kann, durchfliessen und heftet ihre Branchen an die genügend angenäherte Schraube G des Electromagneten an, dann führt man den Draht, welcher von der Kette K aus, den Strom durch die primäre Spirale des Inductionsapparates zu führen hat, zunächst an den Stiel der Stimmgabel k k, von hier fliesst er dann durch die Branchen derselben in den Eisenkern des Electromagneten hinüber und wird durch den Draht k nach der primären Spirale hingeleitet und fliesst zur Kette zurück. Es wird auf diese Weise erreicht, dass in demselben Augenblick, wo die Stimmgabel sich in Folge einer Stromunterbrechung bei F von dem Magneten losreisst, um vermöge ihrer elastischen Spannung die Schwingungen zu beginnen, der Muskel gereizt wird. Diese Methode, die nebenbei erwähnt, auch für die früher geübte Myographie sich praktisch erweist und jeden complicirten Apparat zur Drehung des berussten Cylinders entbehrlich macht, sobald die Bewegung desselben helicroid ist, diese Methode musste zunächst näher geprüft werden, ehe davon Gebrauch gemacht werden konnte.

Die Prüfung geschah in der Weise, dass die Versuchsstimmgabel mit beiden Branchen auf einen rotirenden, berussten Cylinder schrieb — und daneben eine zweite, ebenso rasch schwingende Stimmgabel, welche aber durch den galvanischen Strom und die stromunterbrechende Stimmgabel E in dauernder Schwingung erhalten wurde. Dabei ergaben sich zwei Fehler dieser Methode. Der eine besteht darin, dass die Stimmgabel nicht immer mit beiden Branchen zu gleicher Zeit abspringt, sondern oft die eine Branche $^1/_{100}$ Secunde länger anhaften bleibt. Dieser Fehler lässt sich vermeiden, wenn man die Stimmgabel sehr genau in der Mitte zwischen beiden Magneten fixirt, vorausgesetzt, dass sie selbst besonders gut auf ihrem Stativ befestigt ist. Uebrigens verräth sich jede Ungleichzeitigkeit des Abreissens leicht, sowohl durch die Unregelmässigkeit der Wellenlinien, welche die Stimmgabel,

respective der Muskel alsdann schreibt, als auch durch einen klirrenden Anschlag, der dadurch entsteht, dass die Stimmgabel sich in toto beim definitiven Losreissen nach der andern Seite hinüberbewegt und einmal gegen den Anker anschlägt.

Man kann also das Vorhandensein des Fehlers leicht erkennen, sowohl durch Auge, wie durch Ohr, kann aber auch denselben leicht ganz vermeiden. Der zweite Uebelstand bestand darin, dass auch bei absolut gleichem Absprung die ersten zehn Schwingungen langsamer waren, wie sie nach der Abstimmung der Stimmgabel hätten sein sollen; namentlich die erste Schwingung war über $^1/_4$ langsamer, wie die der begleitenden Stimmgabel. Diese Uebelstände werden vermieden, wenigstens bis zum Unwahrnehmbaren verwischt, wenn man folgenden Kunstgriff anwendet. Man lässt den Strom einer Batterie von etwa 4 kleinen Daniell um die Electromagneten sowohl der unterbrechenden E, als auch der inducirten Stimmgabel B kreisen, behält aber daneben den vorerwähnten Strom der Batterie H, welcher allein die Stimmgabel B anzieht, unverändert. Beide Ströme müssen in derselben Richtung kreisen. Man kann nun die unterbrechende Gabel in Schwingung versetzen, während die, mit der Glasplatte versehene anhaften bleibt; wird jetzt der Specialstrom H der letzteren unterbrochen, so reisst sie sich los, aber da der starke Strom der unterbrechenden Stimmgabel noch fortwährend in den Magneten kreist, so geschieht dies Losreissen a tempo mit der Stromunterbrechung durch die unterbrechende Gabel. Es zeigt sich, dass die Stimmgabel in diesem Falle von vornherein die regelmässige Bewegung der unterbrechenden Gabel beibehält, wenigstens so lange man nicht in unnöthiger Weise die Branchen möglichst weit auseinander gezogen hat. Es ward nicht untersucht, ob in letzterem Falle vielleicht doch noch Unregelmässigkeiten eintreten. Zahlreiche Versuche, in denen wir die oben erwähnte Prüfungsmethode, zwei Stimmgabeln neben einander schreiben zu lassen, unter Einführung der genannten Modification anwandten, ergaben eine vollständige Congruenz der Schwingungszeiten wenigstens für die erste Secunde; wenn die Prüfung sich auf eine längere Zeitdauer erstreckt, so tritt allerdings noch ein kleiner Fehler hervor, der andeutet, dass eine Differenz der Schwingungsphase von $^1/_2$ Schwingung per Sec. etwa, zuweilen noch auftritt. Wenn man nämlich an die Stimmgabel einen Glasfaden anheftet, dessen Schwingungen sich sehr gut beobachten lassen, so tritt zuweilen nach Verlauf von einer oder einigen Secunden eine Abnahme der Schwingung ein, später dann wieder eine Zunahme. Dies könnte möglicherweise von einer kleinen Ungenauigkeit beim Absprung herrühren, es tritt jedoch in derselben Form auf, wenn die Stimmgabel nicht ganz genau abgestimmt ist und in gewöhnlicher Weise durch den Strom in Bewegung gesetzt wird. Jedenfalls ist diese Ungenauigkeit so klein, dass sie keine Berücksichtigung verdient. Von dieser Seite her dürfte daher die Methode als eine recht vollkommene zu betrachten sein; das einzige Unbequeme ist, dass drei Batterien inclusive des Inductionsapparates nöthig werden.

Als Schreibapparat des Muskels diente das Pflüger'sche Myographion, jedoch in etwas modificirter Form. Der durch ein Gewicht angedrückte Schreibstift wird durch die schwingende Glasplatte leicht zurückgeworfen und schreibt nicht continuirlich. Diesem Uebelstand kann man zwar dadurch

abhelfen, dass man den Stift durch einen Coconfaden, der am Rahmen des Myographion befestigt wird, stärker gegen die Platte andrückt; jedoch wird die Reibung hierdurch sehr vermehrt und in Folge der kreisförmigen Bewegung des Rahmens ungleichmässig. Statt dessen ward eine zugespitzte stählerne Platte b an der Stange des Rahmens befestigt und zum Schreiben verwendet. Allerdings entsteht dann statt des perpendiculären Strichs ein Kreisabschnitt, jedoch hindert dies die Messung sehr wenig, wie die Krümmung denn auch an den Curven Taf. IV kaum merklich hervortritt. Man darf nie unterlassen, die Glasplatte und Stimmgabel genau vertical zu richten und zugleich dieselbe genau parallel mit der Richtung des Myographionrahmens zu stellen, sonst können kleine Fehler durch die mehr oder weniger starke Streckung der schreibenden Feder zu Stande kommen, wie solche z. B. in der Richtung der Horizontalstriche der Curve Fig. 8 durch eine kleine Neigung derselben sich verrathen.

Um die Curven genau messen zu können, ist es nöthig in ihrer Mittellinie einen Strich zu ziehen, wie es auf den meisten Figuren geschehen ist. Zu dem Ende bringt man die Gabel zur Ruhe und hebt die Anziehung von Seiten der Magnete dadurch auf, dass die obere Branche b der unterbrechenden Stimmgabel E aus dem Quecksilber gehoben wird; alsdann hebt man den Rahmen auf und der gewünschte Strich wird durch denselben gezogen. Leider tritt hierbei ein Uebelstand ein, der nicht zu überwinden war. Man sollte meinen, dass durch die vorsichtige Erhebung des Rahmens bei ruhender Stimmgabel nothwendig eine genaue Halbirung der Muskelcurve erzielt werden müsse, es zeigt sich aber, dass darauf nicht durchgehend zu rechnen ist und dass, wenn auch die meisten Theile der Curve vollständig genau halbirt wurden, doch an einem Ende Fig. 7 Fehler auftreten, oder andere wie Fig. 5 ganz fehlerhaft ausfallen. Woher diese Fehler kommen, ist nicht vollkommen klar geworden, es scheint, als wenn die Stimmgabel zuweilen nicht genau die Ruhelage wieder einnimmt. Zu einem grössern Theile liegt jedoch der Fehler in der Bauart des physiologischen Instituts, da dasselbe schon durch entfernt vorbeifahrende Wagen so heftig erschüttert wird, dass die Curven darunter leiden und bei jeder Bewegung im Zimmer kleine Verschiebungen des Apparats eintreten. Uebrigens scheint es, es werde besser sein einen reinen Fallapparat in der Art, wie ihn Helmholtz [1]) kurz angedeutet hat, zu benutzen und zwar fest mit dem Rahmen der Stimmgabel verbunden.

Die Platte, auf der geschrieben ward, war eine einfache leichte Glasplatte, welche nur sehr dünn berusst wurde. Sie ward mit wenig Baumwachs auf die Stimmgabel geklebt und war zu leicht, um die Schwingung erheblich zu alteriren durch die Differenz der verschiedenen Platten.

Es ward stets durch einen angeklebten Glasfaden controlirt, ob die Schwingung regelmässig und gut sich vollzogen, eventuell die induc. Stimmgabel etwas belastet. Das Myographion war auf einem Schlittenapparat A. c. f, welcher durch eine Schraube regiert werden konnte, befestigt. Ueberdies war alles mit Loth und Wasserwaage genau aufgestellt.

---

1) Müller's Archiv. 1850. Messungen über den zeitlichen Verlauf animalischer Muskeln.

Die Messung der Curven wurde mit einem Schiek'schen Schraubenmikrometer ausgeführt, welcher $0{,}0001$ Pariser Zoll angab. Der Bewegungsapparat dieses Mikrometers ist so vollkommen, dass die Messung an sich keine Schwierigkeit darbot. Die Fehler würden $1^1/_2$ % nicht überstiegen haben, wenn nur die Halbirung genau genug zu machen gewesen wäre. Die Linien werden bei dünner Berussung so fein, dass ihre Breite der Abmessung keine Schwierigkeit bereitet, wenn nicht hin und wieder Russpartikelchen mit fortgewischt worden sind. Da jedoch, wie erwähnt, die Curven durch die Erschütterungen verdorben worden sind, so gehen die Fehler wohl bis 10% hinauf. Am richtigsten sind die Zahlen für $0{,}01$ Secunde, wenn man die Schwingung von Mittellinie zu Mittelinie rechnet, demnächst am richtigsten sind die Zahlen, welche von der Mitte der einen halben Schwingung zur nächstfolgenden gehen, am unsichersten ist endlich stets die Messung an der Convexität der Ausbuchtung, da sich hier nicht mit voller Schärfe angeben lässt, wo der Ruhepunkt der Stimmgabelschwingung liegt.

Es wird richtiger sein, eine Stimmgabel von rascherer Schwingung anzuwenden; es werden jedoch dabei die Excursionen bedeutend kleiner, das Anheften schwieriger und die Fehler, welche durch kleine Verschiebungen der Mittellinie entstehen, vergrössert. In dieser Untersuchung ist deshalb vom Gebrauch derselben Abstand genommen worden.

Untersuchung.

Die Absicht der Untersuchung ging ursprünglich dahin, Zahlenreihen zu gewinnen, welche über die Art der Muskelthätigkeit mit Hülfe des Gesetzes vom freien Fall, der gleichförmig verzögerten Bewegung auf Basis der Analysis, Aufschluss geben sollten. Die Zahlenreihen sind jedoch noch nicht so exact geworden, dass an einen Versuch in dieser Richtung zu denken wäre; dagegen genügen sie, um eine vollständigere Rechenschaft über die Muskelthätigkeit zu geben als man sie bisher hatte. Hauptsächlich ward der Biceps des Froschschenkels, welcher stets direct ad maximum gereizt wurde, für die Untersuchung verwandt. Die Frösche waren ziemlich von gleicher Grösse, dagegen so verschieden in ihren Leistungen, dass es kein Interesse haben würde, die Messungen der Muskellängen anzugeben, da dieselben weit unerheblichere Schwankungen in ihrer Länge, als in ihrer Leistungsfähigkeit zeigten.

Zunächst gebe ich die Beobachtung über das

Stadium der latenten Reizung.

Bei den Absprungscurven findet man gewöhnlich die von Helmholtz angegebene Zeit von $^3/_{400}$ Secunde sehr exact eingehalten, so dass dafür eine bedeutende Zahl von Belegen gebracht werden könnte. Bei stärkerer Belastung und Ermüdung tritt auffallend langsam die Verlängerung der latenten Reizung bis etwas über $0{,}01$ Secunde ein. Dies Verhalten ist die Regel, wenn man einfach den Rahmen am Muskel aufhängt. Man kann es aber beträchtlich durch gewisse Kunstgriffe modificiren. Schon Helmholtz hat angegeben, dass man den Muskel vor dem Versuch durch Anhängung eines

Gewichts dehnen und alsdann das Gewicht entfernen müsse, wenn man die raschesten Zuckungen haben wolle. Dem entsprechend finde ich, dass man dem Schreibrahmen eine sehr geringe Masse geben muss; indem man ihn z. B. durch eine Federpose mit hölzerner Axe in Gewicht von einem Gramm ersetzt und dann, bevor die Contraction beginnt, den Rahmen stark nach abwärts zieht und sehr leise den Zug nachlässt, bekommt man Zuckungen, welche nach Ablauf der ersten 400 stel Secunde und vor der zweiten 400 stel Secunde beginnen. Das Hauptgewicht fällt auf die richtige Dehnung des Muskels; je vollkommener diese geglückt ist, desto früher tritt die Bewegung ein, wenn die Masse des Rahmens nur nicht allzu bedeutend ist. Es wird sich daher empfehlen, für exactere Untersuchungen einen eigenen Apparat zu construiren, mit welchem der Muskel auf die gleiche Länge gedehnt werden kann, da dies weder durch Anhängen, noch Loslösen von Gewichten, noch durch Zug am Rahmen genügend sicher erreicht wird. Die Länge des Muskels ist so sehr variabel, dass ein solches Hülfsmittel nicht entbehrt werden kann. Es könnte der Einwurf gemacht werden, dass der Muskel nach stattgefundener Dehnung sich fortwährend, wenn auch sehr langsam verkürzt und dass, da die betreffenden Versuche nur einige Minuten nach der Dehnung angestellt worden, die erste Hebung rein passiv erfolgt sei. Dagegen spricht jedoch Folgendes: Einmal geschieht die passive Verkürzung in diesem Falle so langsam, dass sie in dem Zeitraum von $^1/_{400}$ Secunde unmerklich ist, und zweitens ergiebt sich, dass beim Abspringen und sofortigen Anhalten der Stimmgabel ohne Reizung des Muskels der von demselben gezeichnete Querstrich keine grössere Breite annimmt, als in dem Falle geschieht, wo der Muskel jene Dehnung nicht erfuhr.

Als Beleg für die kürzesten Zeiten der latenten Reizung mögen die Figuren 9, 2 und 12 dienen, wo der Moment der Hebung durch ein Kreuz angemerkt ist, und ausserdem die folgenden Zahlen. Für die Bewegung per $^1/_{400}$".

Zeit in $^1/_{400}$ Secunden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fig. 9. Biceps Pose ohne Gew.	0	5,5	11,5	23	34	59	88	124	148	146	
Messingr., kleine Masse	0	0	8,5	26	52,5	97	199	253	307	361	442
Holzrahmen ohne Belastung	0	5	4	63	150	275	377	268	445	482	435
Messingrahmen	0	1,5	4,5	59,5	132	234	306	376	498	453	511
Messingrahmen ohne Stange 20 Grm. auf die Stange	0		6	14	34	51	99	154	190	196	
100 Grm. Belastung Fig. 2	0	2	3	5	5	26,5	44	33	41	37	

Der Anfang der Hebung ist schwer genau zu bestimmen. Man kann überhaupt nur dadurch die Hebung in der $^2/_{400}$ Secunde messen, dass man das Fadenkreuz des Oculars ganz genau in die Richtung des Strichs bringt und dann die Hebung bestimmt. Es hält jedoch schwer, dies mit voller Genauigkeit zu thun; übrigens ist der Radius des Kreises, in welchem die Stimmgabel schwingt, so lang, dass die Messung dadurch nicht influenzirt wird. Auffallend ist, dass die Curven so spitz umwenden, da doch die Theorie verlangt, dass die Stimmgabel an diesen Stellen besonders langsam bewegt wird; da jedoch auch noch weiter hinauf die Wendepunkte der Curve sehr

spitz geschrieben sind, so kann daraus kein Einwand gegen die Rich des Verhaltens genommen werden; beiläufig sei erwähnt, dass bei g Stellungen der Magnete die Stimmgabel langsamer in der Nähe de rascher in der Fernstellung sich wendet. Die Methode eignet sich besonders gut um die erste Bewegung des Muskels deutlich zu ma die Linien ja über einander gelegt werden; es ist bekannt, dass P schon einmal $0{,}0038$ Secunde für das Stadium der latenten Reizun den hat und dasselbe im Mittel zu $0{,}005$ Secunde angiebt. Die Kürz Zeit gewinnt ein besonderes Interesse, wenn man bedenkt, dass eine Uebereinstimmung mit der Zeit electrischer Schwankungen im wie sie Bernstein gefunden hat, hergestellt wird. Sehr verläng durch gewisse Umstände, namentlich durch schlechte Leistungsfähig Muskels, durch Kälte, Ermüdung und Ueberlastung das Stadium d ten Reizung. Als Belege mögen dienen Fig. 4. Muskel bei $0{,}0$ late zung $^9/_{400}$ Secunde. Fig. 3 ermüdeter Muskel, nachdem er 200 Grm gen hat. Fig. 11 Hebung in der $3^1/_{400}$ stel Secunde. Betreffende Me sind etwa folgende:

Zeit in 400stel Sec.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bic. eingeklemmt	0	0	2	16	74	118	112	168	222	309	307
Bic. eingeklemmt	0	0	0	19	24	27	32	73	150	200	232
gebrauchter Muskel	0	0	0	0	5	7	32	44	84	80	165
Bic. bei 0 Grad. 5 Grm. B.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20

Uebersicht der Messungen.

Ich will nunmehr zunächst die Zahlen der Messungen, welch sprechung dienen sollen, zusammenstellen. Dieselben sind zwar nachgemessen, jedoch nicht genauer nach wissenschaftlicher Metho girt, da die Fehler zu grosse sind um eine solche Correctur zu In erster Linie steht eine Reihe von Zuckungscurven, welche von e Cedernholz geschnitzten Rahmen gemacht wurden, der im Ganzen wog und statt des Messingrahmens ins Myographion eingespan Nr. 1 bis 5. — Sodann einige mit dem von der vorderen Querst dem Aequilibrir-Gewicht (6 und 7) und -Stange (8) befreiten rahmen gemachten Zuckungs-Curven. — Hierauf Curven, Nr. 9 welche mit der schon vorhin erwähnten Federpose geschriebe sind. — Ferner eine Curve Nr. 11 mit genau aequilibrirten Messi geschrieben. — Dann die Curven (Nr. 12, 13 und 14), bei denen d librirte Messingrahmen so fest in der Axe eingeklemmt wurde, d dem unmittelbaren Zuge folgen konnte, nicht aber selbstständig w — Nr. 15 und 16 sind Curven bei 100 Grm. Belastung, die letztere schon gebrauchten Muskel. — Nr. 17 eine Curve mit der Federpose durch Reizung der gesammten Orbita-Muskulatur des Frosches, Haken das zuvor entleerte Auge fasste, während der Schädel in Muskel tragenden Klemme befestigt war. — Nr. 18 Zuckung d

2	24	25	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
)4	−97	−124												
	43	27												
32	−165	−130												
27	−17	−35												
31	−148	−224												
73	−13	+76												
72	−99	−148												
30	−73	+49												
)	188	115												
	73													
	229	160												
	69	104												
	484	431												
	−16	−53												
	368	360												
	8	85												
	399	360												
	+100	−39												
	146	144												
	2	20												
	95	86												
	−4	−9												
	235	230												
	5	28												
	168	112												
	56	4												

eines dauernd bei Null Grad aufbewahrten Frosches am Messingrahmen mit 5 Grm. Belastung und zum Vergleich Nr. 19, eine Curve unter denselben Bedingungen eines in der Wärme gehaltenen Thieres. — Dann vier Curven, erzeugt lediglich durch die Elasticität des Muskels, — am Messingrahmen ohne Aequilibrirstange Nr. 20 bei stärkerer und Nr. 21 bei schwächerer Anspannung, — Nr. 22 am Holzrahmen und Nr. 23 an der Federpose. Diese wurden so erzeugt, dass der Rahmen durch einige Coconfäden stark herabgezogen ward, wobei der Muskel sich dehnen musste; dann ward der Faden mit einer Scheere rasch durchschnitten, der Muskel schnellte empor und zeichnete die Curve. Um eine Uebersicht der Bewegung von Anfang bis zu Ende zu geben, sind noch einige Absprungscurven hinzugefügt worden, obgleich dieselben wegen nicht so grosser Regelmässigkeit der Schwingungen noch weniger vollkommene Messungen gestatten. Nr. 24 Absprung am Messingrahmen ohne Stange — Nr. 25 Holzrahmen mit 10 Grm. Belastung — Nr. 26 Federpose und Nr. 27 und 28 bei eingeklemmten Messingrahmen.

Bei allen diesen Curven ist unter den Buchstaben diff. die Differenz von der einen zur andern 400 stel Secunde genommen worden, wodurch also die Geschwindigkeits-Zu- oder Abnahme ausgedrückt ist. Die Messungen beginnen alle am Gipfel der Curve, so dass der Anfang und das Ende der Curven durch die beiden letzten Zahlen rechter Hand bezeichnet werden; wenn man also die Folge der Bewegung wie sie wirklich geschehen ist, haben will, wird man die mit dem Namen „Steig“ bezeichnete Curve von rechts nach links lesen müssen und darauf die Fallcurve, ihr anschliessend von links nach rechts vorwärts schreitend.

Diese Anordnung erleichtert die ohnehin schwierige Uebersicht so sehr, dass ich ihr schliesslich den Vorzug vor der natürlichen Reihe geben musste. (Siehe die beigefügte Tabelle über die Messungen.)

Die Einer der vorstehenden Zahlen haben den Werth von 0,001 Pariser Zoll, die erste Decimale 0,0001. Die Bedeutung vorstehender Zahlenreihen ergiebt sich am einfachsten, wenn wir einmal das Fallgesetz berücksichtigen wollen.

Man findet in den Lehrbüchern der Physik, dass nach der Formel $s = \frac{g}{2} . t^2$ die Fallräume betragen für

1	Secunde	— 15′
2	Secunden	— 60′
3	„	— 135′
4	„	— 240′
5	„	— 375′

Diese Zahlen geben aber nur die Fallräume für die ganze Zeit an. Wir würden sie aus unsern Zahlen finden, wenn wir alle vorhergehenden Zahlen bis zu der gesuchten $\frac{n}{400}$ Secunde summiren. Unsere Zahlen entsprechen der ersten Differenzreihe der arithmetischen Zahlenreihe, welche beim Fallgesetz aus der oben genannten Formel hervorgeht. Diese Reihe findet sich, wenn wir die nächstfrüheren der obigen Zahlen von den folgenden abziehen, also:

0	15	60	135	240	375
$\triangle$	15	45	75	105	135
$\triangle^2$	30	30	30	30	

Es geben also die Zahlen der ersten Differenzreihe:

15 für die erste,
45 - - zweite,
75 - - dritte Secunde u. s. w.

als den durchfallenen Raum an.

Die obigen Messungen entsprachen nun stets dieser ersten Differenzreihe.

Bei Zahlenreihen, welche aus Gleichungen zweiten Grades entstanden sind, müssen nun die Glieder der zweiten Differenzreihe $\triangle^2$ gleich sein, und wir finden dem entsprechend, dass in der That 15—45, 45—75, 75—105 u. s. w. stets die Zahl 30 ergeben, welche die Beschleunigung durch die Schwere beim freien Fall ausdrückt.

Dies Verhalten giebt nun die eigentliche und wichtigste Controle der Versuche ab, denn wir werden zunächst jetzt fragen können, wie sich die durch den freien Fall gebildeten Curven in unserem Apparate verhalten und in wie weit sie den theoretischen Anforderungen entsprechen. Unter der Annahme, das $g = 30{,}16$ Fuss sei, berechnet sich der Fallraum pro $^1/_{200}$ Secunde wie folgt:

Secunde	$s = {}^g/_2 . t^2$	$\triangle^1$	$\triangle^2$
0	0		
		0,004524	
0,005	0,004524		0,009048
		0,013572	
0,01	0,018096		„
		0,022620	
0,015	0,040716		„
		0,031668	
0,02	0,072384		„
		0,040716	
0,025	0,113100		„
		0,049764	
0,03	0,162864		„
		0,058812	
0,035	0,221676		„
		0,067860	
0,04	0,289536		„
		0,076908	
0,045	0,366444		„
		0,085956	
0,05	0,452400		„
		0,095004	
0,055	0,547404		„
		0,103852	
0,06	0,651256		„
		0,113000	
0,065	0,764556		„
		0,122148	
0,07	0,886704		„
		0,131196	
0,075	1,017900		„
		0,140244	
0,08	1,158144		„
		0,149292	
0,085	1,307436		„
		0,158340	
0,09	1,465776		„
		0,167388	
0,095	1,633164		„
		0,176136	
0,1	1,809600		

Bei den Fallversuchen mit dem Myographion handelt es sich allerdings nicht um den vollständig freien Fall, sondern die beschleunigende Kraft der Schwere wird verringert einestheils durch die Reibung an der Axe und ferner durch die Reibung am Zeichenstift, sie wird vergrössert durch die Länge des Hebelarms und ist abhängig von der Masse des Rahmens, welche in Bewegung versetzt werden soll, die bei den verschiedenen Versuchen eine sehr verschiedene war, endlich durch den Widerstand der Luft, der namentlich bei der Federpose etwas ins Gewicht fällt.

Für diese Untersuchung kamen drei Methoden in Anwendung. Erstens eine Methode mit Absprung, wobei der zeichnende Stift auf einem Siegellacktröpfchen, welches auf der Glasplatte befestigt war, lag und beim Absprung der Stimmgabel von diesem herabfiel. Diese Methode gab jedoch wegen der nicht genügenden Form der Lacktröpfchen kein gutes Resultat.

Bei der zweiten Methode wurde der Rahmen durch einen Coconfaden gehoben erhalten, während die Stimmgabel schwingt, und dann plötzlich losgelassen. Dabei zeigt sich, dass das Abbrennen des Fadens, wie solches z.B. von Marrey [1]) bei Gelegenheit seiner schönen Untersuchungen über die Muskelcurven angewandt worden ist, den Anforderungen nicht entspricht. Der Zeichenstift fällt nämlich in diesem Falle nicht plötzlich genug, sondern der Faden verlängert sich während des Abbrennens ein wenig und modificirt dadurch den Anfang der Fallcurve. Die besten Resultate wurden auf die Weise erhalten, dass man den Faden an einer schweren beweglichen Stange fixirt und ihn dadurch erschlafft, dass man mit der bereits in Bewegung begriffenen Hand die Stange im Sinne der Erschlaffung des Fadens fort stösst.

Eine dritte Methode, welche darin bestand, dass man den Rahmen, während die Stimmgabel schwingt, von unten her in die Höhe wirft, ist theoretisch die beste, denn man findet das erste Glied der Fallcurve respective den Nullpunct vollständig sicher an der Stelle, wo das Steigen aufhört und der Fall beginnt; jedoch der Uebelstand, dass der Rahmen selbst durch den Stoss in Erschütterung geräth und in Folge dessen unregelmässige Linien zeichnet, beeinträchtigt die Brauchbarkeit dieser Curve.

Wenn das erste Glied der arithmetischen Zahlenreihe des Falles verdeckt ist, berechnet sich die theoretische Zahlenreihe wie folgt. Bezeichnen wir ein beliebiges Glied im Anfang der Reihe mit a, die Summe aller Zahlen, a inclusive, mit s und die Anzahl der Secundentheile mit n, so ist der constante Zuwachs $\triangle^2 = d$.

$$d = \frac{2\,s - 2\,na}{n\,(n-1)}$$

Man kann d auch mit Hülfe des letzten Gliedes der Reihe berechnen, jedoch ist diese Rechnung desshalb weniger zu empfehlen, weil die Messung dieses Gliedes wegen der bedeutenden Grösse desselben weniger genau ist und zu grossen Einfluss auf die Differenz d ausübt; übrigens kann man auch die mittlere Differenz direct entnehmen. Von sehr zahlreichen Messun-

1) Du Mouvement dans les fonctions de la vie pag. 232.

gen, welche in Bezug auf den freien Fall mit unserm Apparat angestellt sind, folgen hier einige Proben.

Der Zuwachs ist also 0,007857 Pariser Zoll für $^1/_{400}$ Secunde oder 0,02355 für $^1/_{200}$ Secunde, folglich, da für den freien Fall diese Zahl 0,09048 ist und überdies die Geschwindigkeit auf das Doppelte vergrössert wird, hat eine bedeutende Verzögerung des Falles stattgefunden.

d=7,85712	berechnet.	Fehler	do für $^1/_{100}$ S.
	3,68		
	11,84		
	19,4		
27,25	27,25		
34,6	35,11	−0,5	+3,6
42,2	42,47	−0,6	
51	50,82	+0,2	
64,1	58,68	+5,5	
65,1	66,54	+1,6	+7
77,1	74,4	+2,7	
80,8	82,25	−1,4	
94,2	90,11	+4,1	
100,4	97,96	+2,4	−7,6
98,8	105,82	−7	
113,3	113,68	−0,4	
118,9	121,53	−2,6	
131,5	129,40	+2,1	−3,8
132,5	137,25	−4,7	
143	145,11	−2,1	
153,9	152,96	+0,4	
166,1	160,82	+5,3	+3,7
168	168,68	−0,7	
171,5	176,53	−5,0	
188,1	184,39	+3,7	

Die Uebereinstimmung der Zahlen ist nicht gross genug um die Fehler alleine als Messungsfehler auszugeben, sondern es ergiebt sich aus den Abweichungen pro $^1/_{100}$ Secunde, dass in der Mitte des Falles eine verstärkte Reibung eingetreten sein muss. Diese Curve war nach der älteren Methode gemacht, wo in der That die Reibung auf der Mitte der Platte besonders stark ist.

Fallcurven, bei denen dieser Fehler vermieden ward, sind folgende. Nr. 1, 2 und 3 sind auf derselben Platte geschrieben, also soweit möglich unter gleichen Bedingungen, Nr. 4 auf einer neuen Platte unter sonst denselben Umständen. (Siehe Seite 119.)

Es lässt sich aus diesen Curven ersehen, dass ziemlich beträchtliche Fehler bei der Messung vorkommen. Wir finden z. B. in Curve Nr. 2 neben einander den Zuwachs von 202 und 428, während die durchschnittliche Differenz 312,78 beträgt; nimmt man aber aus 202 und 428 das Mittel, so ergiebt sich die Zahl 315, und bei den übrigen die Differenzen der Mittelzahl nahezu entsprechend, so lässt sich hier evident ein Fehler der Messung nachweisen. Derselbe kann nun entweder in einer kleinen Unregelmässigkeit der Mittellinie oder in einer Schwankung der Stimmgabel gelegen haben. Wir müssen also darauf gefasst sein, dass auch in den andern Messungen ähnliche Fehler vorkommen. Abgesehen davon zeigt sich in den Curven Nr. 1 und 4 eine Zunahme der Differenz bei der Beschleunigung der Bewegung, während dieselbe in den beiden andern Curven nicht vorhanden ist. Ferner ist die absolute Fallgeschwindigkeit sogar auf derselben Platte eine verschiedene gewesen, denn wir finden als durchschnittlichen Zuwachs 305,11, 312,78 und 335,73 für die ersten drei Curven, 272,76 für die vierte und 223,73 für eine fünfte Curve, welche sich auf derselben Platte befand. Der kleine Zuwachs der Differenz dürfte wohl durch geringe Abweichung der Platte von der perpendikulären Richtung bedingt sein. Die Verschiedenheit der absoluten Differenz zeigt, dass durch die Einstellung des Apparats, welche einen mehr oder weniger starken Druck der Feder gegen die Glasplatte bewirkt, ein so grosser Einfluss geübt wird, dass eine genügende Uebereinstimmung in der absoluten Fallgeschwindigkeit bei leichten Rahmen nicht zu erzielen ist; wenigstens waren Versuche, welche in dieser Richtung angestellt wurden, wie sehr zahlreiche Messungen ergaben, von

keinem bessern Erfolge. Da dieser Uebelstand vorerst unüberwindlich war, muss die Vergleichung der Muskelcurven in möglichst engen Schranken gehalten werden. Auf der andern Seite ist es also gerechtfertigt, wenn auf kleine Unregelmässigkeiten der Zahlen kein grosses Gewicht gelegt wird.

1/200 Sec.	1	d	2	d	3	d	4	d	5	d	6	d	7	d	8	d	9
Nr. 1.	73	289	$362_{,1}$	$279_{,5}$	$651_{,6}$	$295_{,4}$	947	$301_{,5}$	$1248_{,5}$	$306_{,5}$	1555	$307_{,5}$	$1862_{,5}$	$278_{,5}$	2141	383	2524
Nr. 2.	35	305	340	305	645	202	847	428	1275	333	1608	304	1912				
Nr. 3.	—	—	$251_{,6}$	$343_{,8}$	$595_{,4}$	$321_{,8}$	$917_{,2}$	$350_{,3}$	$1267_{,5}$	$330_{,5}$	1598	$329_{,9}$	$1927_{,9}$				
Nr. 4.	$59_{,8}$	252	$341_{,8}$	$278_{,7}$	$620_{,5}$	$266_{,5}$	887	275	1162	258	1420	$278_{,2}$	$1668_{,2}$	273	$1971_{,2}$	$299_{,8}$	2271

Analyse der Zuckungscurve.

A. Mittlerer Theil.

An der Mehrzahl der durch den Rahmen geschriebenen Curven lässt sich mit grosser Evidenz nachweisen, dass der grössere Theil der Bewegung und der ganze Fall nichts andres, als eine zuletzt durch die Elasticität modificirte Wurfcurve ist. Es muss jedoch gleich erwähnt werden, dass dieser Ausspruch zunächst nur für den in Rede stehenden Apparat, durchaus nicht für jede Art die Zuckung aufzuschreiben Gültigkeit hat. Der Beweis wird am leichtesten an der Figur einer solchen Zuckungscurve, Fig. 5 und 6, geführt. Es ergiebt sich nämlich, dass in dem Falle, wo genau am Ende einer Schwingung die Hebung sich in Fall verwandelt, die auf- und absteigende Curve in ihrem obern Theile sich möglichst vollkommen decken. Findet aber die Umkehr zu irgend einer andern Zeit statt, so erkennt man dennoch die Identität der Bewegung daraus, dass die Kreuzungs-Puncte der Steig- und Fallcurve für je $^1/_{100}$ Secunde sich in gleichmässiger Entfernung von der Mittellinie befinden; Fig. 7. Die Messung muss natürlich das gleiche Verhalten ergeben. Bei genauer mikroscopischer Untersuchung bemerkt man aber doch eine kleine Verschiedenheit der Schnelligkeit, es nimmt nämlich die Geschwindigkeit beim Steigen ein wenig rascher ab, beim Fallen ein wenig langsamer zu, — jedoch, wie wir sogleich sehen werden, dient dies Verhalten nur zur Bestätigung des obigen Ausspruches. Um die Identität des obern Theils unserer Curve mit einer Wurfcurve zu beweisen, muss gezeigt werden, dass erstens die relativen Verhältnisse und zweitens die absoluten Maasse mit der Wurfcurve an unserm Apparat übereinstimmen. Ist dieser Beweis geführt, dann kann man behaupten, dass die Bewegung des Muskels an diesem Theile der Curve keinen Antheil hat, sie könnte höchstens genau gleich oder langsamer sein, auf keinen Fall in irgend einem Theil rascher. Aus dem Fallgesetz ergiebt sich ohne Weiteres, dass der in die Höhe geworfene Rahmen genau in derselben Weise ansteigen muss, wie er herabfällt, sobald er sich frei bewegt. Er

wird nur im ersten Zeittheil um den Zuwachs g, im zweiten Zeittheil wieder um denselben Zuwachs verlangsamt, bis endlich im letzten vollen Zeittheil seine aufsteigende Bewegung genau gleich der während dieses Zeittheils erfolgenden Abnahme g, ist, alsdann kehrt er um und fällt am Ende des ersten Zeittheils mit der Geschwindigkeit g, des zweiten 2 g u. s. w., bis er schliesslich genau da, wo der Wurf begann, seine Anfangsgeschwindigkeit wieder erreicht. Findet nun aber eine Reibung statt, so wird sich beim Steigen zu der Abnahme durch g noch diejenige Verzögerung hinzugesellen, welche durch die Reibung bedingt ist. Das Steigen wird daher rascher aufhören, wie es ohnedies geschehen sein würde. Beim Fall dagegen wird die Reibung der Beschleunigung g entgegen wirken und es wird demnach eine kleine Incongruenz der Curven in dem Sinne eintreten, wie die Zeichnung sie zeigt. Um ein Beispiel zu geben sei angenommen, dass ein gestossener Körper 124 Fuss vertical fliegen würde, wenn die Anziehungskraft den Flug nicht hemmte, sei nun $g = 30$ und komme dazu eine Reibung von 1%, so würde der Körper sich bewegen mit einer Geschwindigkeit von

1 Secunde	2	3	4	5	6	7	8	9
$124-31{,}_{24}$	$92{,}_{76}-30{,}_{92}$	$61{,}_{64}-30{,}_{61}$	$30{,}_{61}-30{,}_{31}$	$0+29{,}_{7}$	$29{,}_{7}+29{,}_{7}$	$59{,}_{4}+29{,}_{4}$	$88+29{,}_{1}$	$117{,}_{1}$

Bei der Umkehr der Ansteigebewegung in den Fall wird ausserdem eine kleine Biegung des Rahmens eintreten müssen, welche in demselben Sinne wie die Reibung wirkt. Ich stelle nun einige Messungen von Fallcurven neben den fallenden Theil der Muskelcurve, welche auf derselben Platte dadurch gewonnen worden sind, dass der Rahmen, welcher von dem ruhenden Muskel getragen wird, in die Höhe geworfen ward und alsdann frei herabfiel, soweit es der Muskel gestattete. Da der Anfang des Falles bei diesen Curven nicht genau in demselben Zeitabschnitt eintrat, ist natürlich der Fall während der ersten $^1/_{200}$ Secunde ein verschieden grosser gewesen. Diesen Unterschied kann man dadurch ohne erheblichen Fehler ausgleichen, dass man überall die Differenz des ersten Gliedes addirt oder subtrahirt. Wir haben also bei Curve Nr. 2 Holzrahmen, die erste nicht volle $^1/_{200}$ Secunde 38 und in der entsprechenden Fallcurve 74, ziehen demnach von sämmtlichen Zahlen der Fallcurve $74 - 38 = 36$ ab. Die Originalcurve kann man natürlich durch das umgekehrte Verfahren immer wieder erhalten. Aehnlich ist es bei Curve Nr. 4, wo wir 17 und bei der Fallcurve 99 im Anfang haben, hier wird folglich zu allen Zahlen der Curve No. 4, 82 addirt

Fall von Nr. 2	38	220	362	492	540	710
freier Fall	38	211	375	482	624	692
Fall von Nr. 4	99	252	414	529	649	721
freier Fall	99	233	385	486	572	717

Vergleicht man nun die beiden Parallel-Curven sowohl mit einander, als auch die vier Curven unter sich, so ergiebt sich auch im Bezug auf die absoluten Zahlen eine so genügende Aehnlichkeit derselben, dass nicht wohl

daran gezweifelt werden kann, es handle sich nur um freien Fall. Der Muskel ist, wie man sieht, in beiden Fällen noch ein wenig rascher gefallen, wenn er sich contrahirt hatte, als wenn dies nicht der Fall gewesen wäre, so dass auf keinen Fall der Rahmen am freien Fall gehindert gewesen sein kann. Es kommen allerdings auch Curven vor, bei welchen der Rahmen mit ruhendem Muskel etwas rascher gefallen ist, dies jedoch nur innerhalb der Gränzen der Messungsfehler. Diese Fehler sind wie die Curven zeigen allerdings sehr störend, jedoch lassen sie sich durch die vielen correspondirenden Belege genügend eliminiren, auch ist das Verhalten, dass die obersten Theile der Zuckungscurve eine Wurfcurve sind, an sich weder überraschend noch unwahrscheinlich. Beim Messingrahmen tritt im Ganzen die Wurfbewegung nicht so deutlich hervor, wie beim Holzrahmen; sei es nun, dass die durch seine Schwere bedingte grössere Reibung in den Axen allein daran die Schuld trägt, sei es, dass der Muskel in der That längere Zeit hindurch sich an der Bewegung des schwereren Rahmens betheiligt.

Messing-	Steig.	$15_{,5}$	$41_{,8}$	$48_{,7}$	97	123	132	141	196	219	216	226	274
rahmen	Fall	$15_{,5}$	$38_{,5}$	$39_{,5}$	$55_{,5}$	88	$94_{,5}$	117	121	152	$166_{,5}$	186	$223_{,5}$

Das erste Glied des Falles ist $27_{,0}$ und hier reducirt auf $15_{,5}$. In andern Fällen ist die Congruenz vollkommener wie z. B. in folgender Beobachtung in $^1/_{400}$ Secunde.

Steig.	75	106	85	120	194	250	221	257
Fall	75	107	93	134	208	263	233	257

Das erste Glied des Falles ist 18 und hier 57 dazu addirt; und Nr. 6 in $^4/_{100}$ Secunde

Steig.	$222_{,5}$	$542_{,5}$	805	$1014_{,5}$
Fall	229	$463_{,5}$	$733_{,5}$	998

An sich bedingt wohl das Anhängen des Rahmens an den Muskel eine kleine Verzögerung des Falles, die möglicher Weise auf die Wirkung des Bindegewebes zu schieben ist. So ergab die Messung am Messingrahmen für $^1/_{00}$ Secunde

	1	2	3	4	5	6
1. Freier Fall	0	$289_{,1}$	$578_{,6}$	874	$1175_{,5}$	1482
2. do.	0	305	610	912	1240	1573
3. Fallreizcurve	0	$199_{,4}$	452	711	960	1331
4. do.	0	$240_{,5}$	$504_{,5}$	$792_{,5}$	1053	1208

folglich ein langsameres Fallen nach der Reizung. Der ungereizte Muskel auf derselben Platte gab aber nur 0. $252_{,2}$, $510_{,9}$, $667_{,5}$, $796_{,4}$, $788_{,5}$, wobei zu bemerken ist, dass die Verzögerung durch die Elasticität desshalb früher

hervortritt, weil der Rahmen um 500 Theilstriche weniger hoch gehoben war, wie bei den Reizcurven.

Ein scheinbar ganz andres Verhalten zeigen die Curven mit Federpose Fig. 9, jedoch sobald man die Curven näher betrachtet wird es wahrscheinlich, dass auch hier die mittleren und letzten Theile der Bewegung von der Activität des Muskels nicht beeinflusst werden. Allerdings ist hier eine Vergleichung mit dem freien Fall nicht mehr zulässig, denn wie die sehr hochgeworfene Elasticitätscurve Nr. 23 zeigt, geht dieser viel rascher von Statten. Es tritt im Gegentheil das kleine Hemmniss, welches durch die Elasticität des Muskels und Perimysiums dem Fall des Rahmens entgegen gesetzt wird, ausserordentlich prägnant hervor. Wir finden jedoch auch hier, dass das Ende der Steigcurve mit dem Anfang der Fallcurve unter Berücksichtigung der Reibung genügende Aehnlichkeit hat, um für meine Ansicht zu sprechen, namentlich aber deutet die aussergewöhnliche Verzögerung des Falles, der mit einigen Schwankungen durch ungleich längere Zeit sich hindurch zieht, darauf hin, dass mechanische Hindernisse und nicht active Contractions-Zustände dabei im Spiele sind. Eine andere Deutung dieses Verhaltens wüsste ich wenigstens nicht zu geben.

B. Ueber das Ende der Zuckungscurve.

Wenn man das Ende der von den verschiedenen Autoren abgebildeten Zuckungscurven betrachtet, so findet man an denselben einmal constant eine bedeutende Verlangsamung der Bewegung, welche ziemlich rasch auftritt, und zweitens inconstant eine allmälig sich abgleichende Wellenlinie, welche letztere sich stets über dem Niveau der Abcissenaxe hält. In gewisser Weise mehr normal würde jedoch eine Curve sein, welche mit der Wellenlinie unter die Abcissenaxe hinunter reicht, denn man bekommt stets eine solche, wenn man keine zu schwere Belastung angewandt hat und unterlassen hat den Muskel vorher stark auszudehnen. Die Mehrzahl der abgebildeten Curven demonstrirt dies Verhalten. Der Muskel wird nämlich durch den Fall des Rahmens über seine natürliche Länge ausgedehnt und schnellt alsdann den Rahmen wiederum über das Anfangsniveau in die Höhe, eine Bewegung, welche sich oft mehrfach wiederholt, dabei aber allmälig kleiner wird. Der Wendepunct der Fallcurve, wenn man als solche nämlich die Stelle bezeichnen darf, wo die Fallbeschleunigung durch die Elasticität des Muskels deutlich abnimmt, respective sich in eine Verzögerung umwandelt, tritt in den Messungen an den Differenzzahlen genügend deutlich hervor. Dasselbe liegt stets eine Strecke oberhalb des Niveau und zeigt sich nicht merklich verschieden beim gereizten oder ungereizten Muskel. Ebenfalls tritt die elastische Auf- und Abbewegung in derselben Weise ein, mag nun der Muskel gezuckt haben, Fig. 7, oder passiv gefallen sein, Fig. 13—14, (doch muss der Rahmen eine gewisse Masse gehabt haben). Wir finden also auch hier wieder bestätigt, dass in der letzten Periode der Zuckungscurve der Muskel inactiv geworden ist, da bei vielen Zuckungen der Muskel nicht vorher künstlich gedehnt war, so liegt der Wendepunct zwischen beschleunigter und verzögerter Bewegung nicht immer gleich weit vom Niveau ab. Auch ändert er seine Lage, je nachdem die Hubhöhe gering

oder gross war, und zwar ist er im ersteren Falle früher, im letzteren später bemerkbar. Es hat daher kein Interesse diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, obgleich, wie wir sofort sehen werden, bei genaueren Zahlen es Wichtigkeit hätte, zu wissen, bis wieweit hinauf die Elasticität des Muskels auf das Gewicht grössern Einfluss hat.

C. Verlauf des Anfangs der Curve.

In dem activen Theil der ansteigenden Curve ergeben die Zahlenreihen zwei bemerkenswerthe Puncte, — einmal die Periode stärksten Zuwachses (Differenz), wo also die Bewegung sich relativ am stärksten ändert, und zweitens die Periode grösster Schnelligkeit. Von diesem Stadium an lässt sich an den bisher betrachteten Curven die Contraction des Muskels nicht weiter verfolgen, weil dann nämlich der Rahmen sich so rasch oder rascher in die Höhe bewegt, wie der Muskel selber. Vermehrt man nun aber die Reibung durch stärkeres Einklemmen des Rahmens, so dass er selbstständig nicht weiter fliegt, dann kann man auch über das Ende der Ansteigeperiode Aufschluss erhalten. Dasselbe, Fig. 12, scheint jedoch ziemlich gleichförmig zu verlaufen, so dass eine Periode grösster relativer Verzögerung nicht deutlich wird.

Wir wollen jetzt einmal die Steigcurve, Holzrahmen Nr. 1, darauf hin analysiren

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	34	141	237	289	387	447	452,5!	407	432	399	387	324	296	260	202	149	113	67,5	16,5
diff.	24	107	196!	52	98	60	5,5	—45,5	—75	—33	—12	—63	—28	—36	—58	—53	—36	—45,5	—51

oder wenn man für 0,01 Secunde rechnet, wodurch die Zahlen richtiger, die Bestimmung des Zeitpuncts aber unpräciser wird, ergeben sich, je nachdem man bei der 2. $^1/_{100}$ Secunde oder bei der 4. zu addiren anfängt, für den ersten Fall

10	701	1693,5	1542	907	197
Diff. 691	992	—151,5	—635	—710	
und für den zweiten Fall					
185	1360	1690,5	1266	531,5	
Diff. 1175	330,5	—424,5	—734,5		

Wir finden also zwischen der 3. und 4. $^1/_{400}$ Secunde die grösste Differenz, welche offenbar der grössten Kraftentwicklung des Muskels entspricht. Die absolut grösste Geschwindigkeit erst in der 8. $^1/_{400}$ Secunde, während vor und nach derselben die Differenzen nur gering sind. Für $^1/_{100}$ Secunde findet sich die stärkste Differenz zwischen der 3. und 7. $^1/_{400}$ Secunde, folglich wird sie sich in Wahrheit wohl in der 4. $^1/_{400}$ Secunde nach dem Eintritt der merklichen Bewegung gefunden haben. Ein ähnliches Verhalten zeigt sich

fast bei allen Curven ohne Ausnahme, sobald man die Differenzen nimmt, wenngleich sich nicht mit vollständiger Schärfe die 400stel Secunde bestimmen lässt, in welcher das Maximum eintritt.

$^1/_{200}$ Sec.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Holzr. Nr. 3.	119	379	675	754	777!	624	482						
diff.		160	296!	79	23	—153	—142						
Eingekl. Nr. 14.	49,5	168	353	520	620!	602							
diff.		118,5	185!	157	100	—18							
Pose Nr. 26.	5,5	34,5	93	212	290	342	371!	324	271	208			
diff.		29	58,5	119!	78	52	29	—47	—53	—63			
Abspr. Messingr. Nr. 24.	0	63	389	707	913	971!	918	824					
diff.		63	326!	318	206	58	—53	—94					
Aequilibr. Nr.	4,5	12	34	129	225	405	544	653	805	809	827	819	894!
diff.		7,5	22	95	96	180!	139	109	152	4	18	—8	75

Nach diesen unter verschiedenen Umständen gewonnenen Curven ergiebt sich, dass das Schnelligkeits-Maximum sowohl, wie auch der grösste Zuwachs nicht immer in dieselbe Zeit fällt, sondern je nach den Umständen mehr wie um $^1/_{100}$ Secunde variiren kann, es tritt überhaupt nicht gleich deutlich hervor, so dass der Geschwindigkeitswechsel in sehr wesentlicher Weise von den äussern Bedingungen modificirt wird.

Die Zuckung des Muskels ist eine aus dem Zusammenwirken vieler Bedingungen resultirende Function und es wäre die Aufgabe, aus den Zahlenreihen die Factoren dieser Function zu gewinnen. Es zeigt sich, dass die Curven, respective ihre Messung für diesen Zweck bei weitem nicht genau genug ausgefallen sind. Immerhin lässt sich einiges Material über die Art und Weise, in welcher sich die Bewegung zusammensetzt, gewinnen. Vor allem mischt sich die Elasticität des Muskels in den Gang der Curve ein und vermittelt deren Entstehung. Es liegt daher die Frage am nächsten, in welcher Weise sich die Bewegung alleine durch die Elasticität des Muskels gestaltet. Dies ist auf zweierlei Weise geprüft worden, einmal indem der Muskel als elastisches Zwischenglied zwischen die Bewegungsquelle und den Rahmen eingeschaltet war und zweitens indem die Elasticität des Muskels direct zur Erzeugung einer Curve benutzt wurde. Bei dem ersten Verfahren ward der Muskel an der Spitze einer horizontal am Ende eingeklemmten Stahlstange von 1 Linie Durchmesser befestigt und trug den Rahmen. Die Stahlstange selbst ward durch einen Faden abwärts gezogen und wenn dieser Faden abgeschnitten ward, schnellte sie in die Höhe. Der Muskel musste ihr dann folgen und übertrug durch sich hindurch die Bewegung der Stange auf den Rahmen. Bei der zweiten Methode war der Muskel wie gewöhnlich befestigt, der Rahmen selbst ward durch den Faden herabgezogen und schnellte in die Höhe beim Durchschneiden des Fadens.

Beide Methoden ergaben scheinbar dieselben Resultate, sodass nur Curven letzterer Art unter dem Namen Elasticitätscurve (Fig. 14) vorgeführt sind. Es zeigen diese einen sehr wesentlichen Unterschied gegen die Zuckungscurven, welcher darin besteht, dass der grösste Schnelligkeitszuwachs in den

ersten Anfang der Curve fällt, während die grösste Schnelligkeit auch hier erst später erreicht wird.

Elastic. Messingrahmen Nr. 20.	80	304	506	687	571	564	669!	635	498
diff.	80	224!	202	181	—116	7	105	—34	—137
Elastic. Holzrahmen Nr. 22.	234	540	598	648	749!	605	614	475	
diff.	234	306!	58	50	101	—144	9	—139	
Elastic. C. Messingr. kl. Masse Nr. 21.	115	188	250	371	404	401	418	454!	444
diff.	115![1]	73	62	121	33	—3	27	36	—10
Elastic. Federpose Nr. 23.	580	695	900	860	642	613	738	535	415
diff.	580!	115	205	—40	—218	—29	+125	—203	—120

Es fällt also, wie man sieht, das Maximum des Zuwachses in die erste oder zweite $^1/_{400}$ Secunde, wobei zu bemerken ist, dass die erste Zahl nie einer vollen $^1/_{400}$ Secunde entspricht. Das Maximum der Schnelligkeit wird in der 5. oder einer noch späteren $^1/_{400}$ Secunde erreicht. Die Unähnlichkeit der betreffenden Curven gegen Zuckungscurven fällt sehr in die Augen, am deutlichsten bei Curve Nr. 20, da bei derselben die Wurfhöhe ungefähr gleich hoch ist wie die Muskelcurven Nr. 8 und Nr. 24, welche auf demselben Glas unter gleichen Verhältnissen geschrieben sind. Die Wurfhöhe der Elasticitätscurve ist nämlich 6890, der Reizcurve Nr. 8. 7809 und der Absprungscurve 7946. Freilich findet sich in den Bedingungen der Elasticitäts- und der Zuckungscurve der erhebliche Unterschied, dass die Anfangsspannung bei der ersteren eine viel stärkere ist; jedoch bei der Methode mit eisernem Stabe fällt auch dieser Unterschied fort und es bleibt die Form der Elasticitätscurve dieselbe. Aehnlich werden diese Curven einander, wenn man die Vergleichung von der Zeit des stärksten Zuwachses der Muskelcurve an beginnt. Das Carcteristicum der Zuckungscurve liegt folglich vor Allem in der Art des ersten Beginns der Bewegung.

Bei der Untersuchung der Anfangscurve würde noch Folgendes zu erwähnen sein. Da der Rahmen einmal in Bewegung gesetzt selbständig weiter fliegt, so ist die Bewegung seiner Masse kein genauer Ausdruck für die Thätigkeit des Muskels. Um diese zu finden würde man also die Geschwindigkeit des Rahmens und die beschleunigende Kraft der Schwere für jeden Zeitabschnitt verrechnen müssen; es ist jedoch wegen der ungenügenden Genauigkeit der Zahlen nicht thunlich eine solche Rechnung aufzustellen.

Noch ein zweites Moment würde in die Betrachtung der Anfangscure hineinzufügen sein, nämlich die Hülfe, welche durch die angespannte Elasticität des Muskels bei der Hebung des Gewichts geleistet wird. In dieser Beziehung ist daran zu erinnern, dass die Muskelelasticität in den Fall des Gewichtes hindernd eingreift noch ehe der Muskel bis zur Anfangslänge gedehnt ist.

3. Aus den Curven lässt sich ersehen, dass das von der Höhe, auf

1) Das Maximum der Diff. liegt hier, weil die Bewegung nicht voll $^1/_{400}$ Sec. dauerte, die Unregelmässigkeit der Zahlen ist nur scheinbar, wegen der ungenügenden Halbirung entstanden und verschwindet für $^1/_{400}$ Sec.

welche es vom Muskel gehoben ist, herabfallende Gewicht den Muskel um eine nicht geringe Grösse unter seine normale Länge herabzieht. Für diese Fälle würde man also schliessen müssen: wenn der Muskel dem Gewicht eine solche Schnelligkeit ertheilen soll, dass er es bis zu der entsprechenden Höhe hinauf wirft, so wird seine Elasticität dabei genau in demselben Maasse in Anspruch genommen werden müssen, wie dann, wenn das Gewicht von dieser Höhe herabfällt. Es wird folglich während der ersten Hebungsperiode bis zum erreichten Maximum der Geschwindigkeit hin der Muskel in entsprechender Weise virtuell gedehnt werden und seine Thätigkeit kann folglich nicht darauf beschränkt sein, das Gewicht vom Nullpunct bis zum Maximum der Schnelligkeit zu heben, sondern sie wird gleichzeitig jene unvermeidlich eintretende, so zu sagen virtuelle Verlängerung überwinden müssen [1]). In diesem Falle also wird die wirklich vom Muskel während des ersten Zeitabschnittes geleistete Arbeit in einem bestimmten Maasse grösser sein, wie diejenige, welche aus den Messungen hervorgeht. Ueber die Art und Weise des Ausgleiches dieser elastischen Verlängerung würden vielleicht die pendelförmigen Schwankungen am Ende der Curve Auskunft geben können; doch auch hier genügen die Messungen noch nicht.

Die wellenförmige Bewegung in dem ansteigenden Theil der Curve, welche Helmholtz eingehender erwähnt und erklärt hat, tritt in den vorliegenden Messungen mehrfach deutlich hervor, z. B.

Nr. 2.	24	95	166	213	303	372	384	370!	375!	402	338				
Nr. 14.	$14_{,5}$	35	64	104	155	198	241	279	308	312	302!	300!	319	305	281

Derartige Schwankungen finden sich auch noch in andren Theilen der Curve, namentlich auffallend beim Wiederansteigen des Rahmens unmittelbar nach dem Fall, z. B.

Nr. 3. Holzrahmen	—75	—200	—234	—161!	—148!	—224	—160	—66	—33	—58	—29	+56
Nr. 6. Messingr.		—84		—166		—124!		—146		$-82_{,5}$		$-52_{,5}$

Aehnliches kommt beim Fall vor, Curve Nr. 10, und selbst beim zweiten Fall, wie folgende Curve lehren mag, Nr. 3 Holzrahmen + 58. + 78. + 41.! + 42.! + 122. + 116. + 56. + 27.0.

Besondere Formen der Curven.

Auf alle diese Verhältnisse würde wohl noch näher eingegangen werden können, wenn sich nicht eine Complication einmischte, welche die Untersuchung auf ein ganz anderes Gebiet verweist. Es zeigt sich nämlich, dass die Form der Curve sich fundamental ändert, sobald der Muskel ein erheblicheres Gewicht zu bewegen hat. Allerdings bleibt die Zeit der latenten Reizung bei genügender Dehnung und Leistungsfähigkeit des Muskels fast unverändert, dagegen verlängert sich nicht nur die Periode der Erhebung des Gewichts, sondern auch die

1) Ein Faden, welcher ein Gewicht hebt, dehnt sich dabei reell, der zuckende Muskel nicht, sondern eben nur virtuell.

des Falles sehr erheblich, es kommt gar keine freie Bewegung des Rahmens zu Stande, höchstens nur an der äussersten Spitze dieser Curve, und die Schwankungen am Schluss der Zuckung sind absolut nicht mehr zu erzielen. Endlich bleibt der Muskel lange Zeit kürzer, wie er vorher war, so dass also in Wahrheit die Dauer der Zuckung grösser ist, wie sie in den Zahlen angegeben wird, da schliesslich die Curve durch den langsamen Fall zu sehr verwischt wird. Allerdings kommt, wie Fig. 10 leicht erkennen lässt, beim Fall eine gewisse Beschleunigung der Bewegung zu stande, dieselbe ist jedoch immer sehr gering und vom Muskel beeinflusst [1]).

Während wir also von demselben Muskel bei derselben Stärke des Reizes die Thätigkeit mit Sicherheit nur $0,_{02}$ Secunden lang nachweisen können und finden, dass nach $0,_{1}$ Secunden der Reiz ganz unzweifelhaft aufgehört hat, während bei den Curven mit eingeklemmten Rahmen nach $0,_{08}$ Secunden mindestens der Muskel sich nicht weiter verkürzte, findet sich bei 100 Grm. Belastung die Zeit der Hebung in einem Falle $0,_{12}''$, im andren $0,_{095}''$ und die des Falles $0,_{132}''$ und $0,_{07}''$ allermindestens. Vergleichen wir also die Leistung des Biceps z. B. in Curve Nr. 8 mit Curve Nr. 15, so ergiebt sich, dass in Curve Nr. 8 ein Gewicht von $7,_{5}$ Grm. $0,_{7808}''$ in der Zeit von $0,_{065}$ Secunden gehoben worden ist, also $5,_{856}$ Arbeitseinheiten in dieser Zeit geleistet worden sind, während der zweite Biceps 100 Grm. $0,_{2578}''$ in $0,_{1255}$ Secunden hob, also während dieser Zeit $25,_{78}$ unserer Arbeitseinheiten leistete. Schon daraus ergiebt sich, dass der Muskel bei schwererer Belastung ungleich mehr leistete und da er nun, wie die Fallcurve beweist, noch $0,_{13}$ Secunden lang mindestens das Gewicht, wenn auch nicht getragen, so doch im Fall erheblich verzögert hat, so ist seine Arbeit durch die schwerere Belastung ceteris paribus in ganz enormem Maasse gesteigert worden.

Ob wir uns diese Vermehrung der Kraft als eine einfache Contraction oder als Superposition mehrerer Contractionen zu denken haben, ist wohl nicht zu entscheiden. Die Zahlen verlaufen freilich so gleichmässig, dass sie eher auf eine einfach verlängerte Contraction hindeuten.

Die betreffende Thatsache ist keineswegs neu, unter Andren deutet schon Helmholtz auf die Verlängerung der Zuckung bei schwererer Belastung hin und Marrey giebt dafür (l. c. Fig. 114) beweisende Curven. Bisher hatte jedoch die betreffende Thatsache für die Untersuchungen keine so grosse Bedeutung. Man muss fast glauben, dass im Muskel selbst ein Mechanismus gelegen sei, welcher diese, der grössern Belastung entsprechende Vermehrung an Kraft und Dauer der Zuckung hervorbringt — ein Mechanismus, der gewiss alle Aufmerksamkeit verdient.

Für diese Untersuchung geht daraus zunächst hervor, dass die verschiedenen Curven keineswegs direct vergleichbar sind, sondern dass vorher der Einfluss dieses eigenthümlichen Mechanismus näher studirt sein muss, ehe ein Erfolg gehofft werden kann. Da diese Arbeit zu weit geführt haben würde, musste ich mich mit den bis dahin gewonnenen factischen Angaben begnügen.

Zu weiterem vorläufigen Vergleich sind noch einige Curven mehr auf-

---

1) Die Curve 10 ist mit 7, 8 und 13 zu vergleichen, da sie am Messingrahmen geschrieben ist, nicht mit 9 von der Federpose.

geschrieben, erstens von Augenmuskeln und zweitens Vergleichscurven eines zuerst kalten, allmälig sich erwärmenden Biceps.

Für die Augenmuskeln ergiebt sich, wenn man die Contraction vom Biceps an der Pose damit vergleicht, dass die Schnelligkeit der Bewegung eine geringere ist, die Dauer dagegen nicht geringer. Das Maximum des Zuwachses und das Geschwindigkeitsmaximum scheinen etwas verzögert zu sein. Man muss jedoch bedenken, dass die Pose für die Augenmuskeln schon eine relativ bedeutende Belastung ist und dass daher die Vergleichung nicht ganz zutreffend sein kann.

Immerhin ist die Belastung nicht so gross gewesen, um den freien Fall zu verhindern, da Pendelschwankungen am Ende des Falles eingetreten sind. Der Sartorius würde wegen seiner Feinheit bessere Curven geben, doch erweisen sich dessen Zuckungen seiner grossen Verletzbarkeit halber als wenig zuverlässig.

Die Contraction des kalt gehaltenen Muskels tritt nicht nur viel langsamer ein, sondern die Bewegung ist auch weit weniger schnell, dauert länger und zwar durch die ganze Fallperiode hindurch. Er verhält sich also in dieser Beziehung wie ein schwer belasteter Muskel.

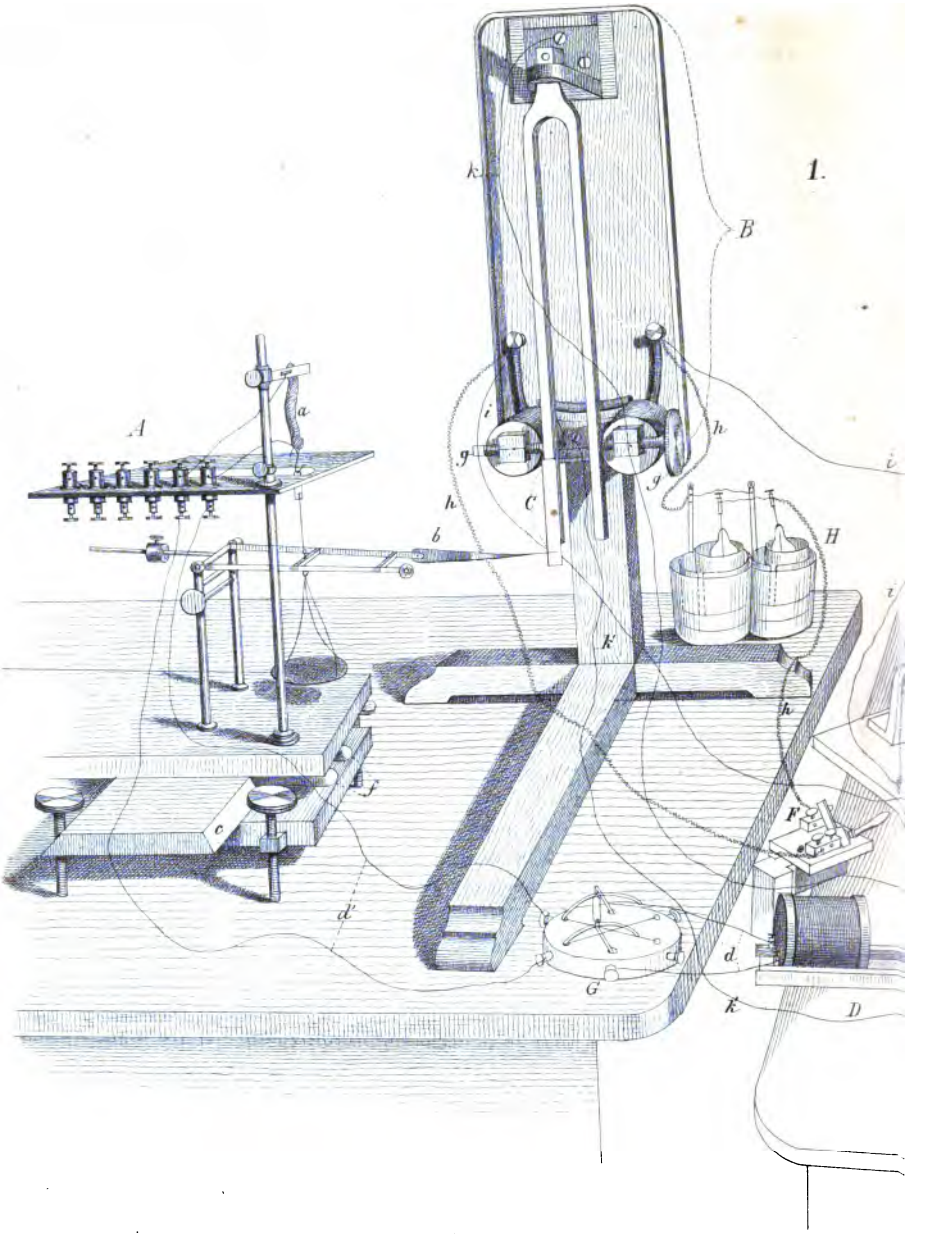
Schlussbemerkung.

Die vorliegende Untersuchung leidet unter einem Fehler, der leicht die kleinen Fortschritte, welche, wie ich glaube, in ihr gelegen sind, verdecken kann, es ist nämlich zu viel in ihr erstrebt worden und da es mir erst nach langem Probiren und Umändern der Apparate, ja zum Theil erst bei Ausarbeitung dieser Untersuchung selbst, klar geworden ist, dass die Methode noch nicht genau genug geworden ist, und da ich heute noch nicht sicher genug unterscheiden kann, was etwa von den Unregelmässigkeiten auf Schuld des Apparats oder der Messung, oder der accessorischen Theile des Muskels zu schieben ist, muss ich schon den Leser bitten diese Umstände zu berücksichtigen und nicht darunter diese Vorarbeit, in welcher ein Weg, der sicher sehr brauchbar werden wird und nicht ohne Schweisstropfen ausgehauen worden ist, leiden zu lassen.

Die Thatsachen, welche gebracht werden konnten, lehnen sich so eng an das bereits vorhandene Material an, dass etwas vollständig Neues wohl nicht gegeben ist, während doch andrerseits eine auch nur annähernd genügende Analyse des zeitlichen Ganges der Contraction nicht vorhanden war und mehrfach als Desiderium bezeichnet worden ist; eine solche wenigstens glaube ich zu geben.

Im wesentlichen ergiebt die Untersuchung Folgendes:

Sie weist nach, dass die Form der Muskelcurve fast allseitig durch äussere Bedingungen influenzirt und modificirt wird. Die Dauer der latenten Reizung hängt neben dem Zustand des Muskels von der möglichst glücklichen Dehnung desselben ab und kann selbst bei stärkerer Belastung bereits innerhalb der zweiten $^1/_{400}$ Secunde beendet sein. Die Dauer der Contraction wird durch die Belastung in dem Sinne modificirt, dass dieselbe sich bei stärkerer Belastung bedeutend verlängert und dem entsprechend die Arbeitsleistung sich erheblich vermehrt. Die Form der Contraction ist zwar stets der Art, dass in der zweiten bis fünften $^1/_{200}$ Secunde das



Verla

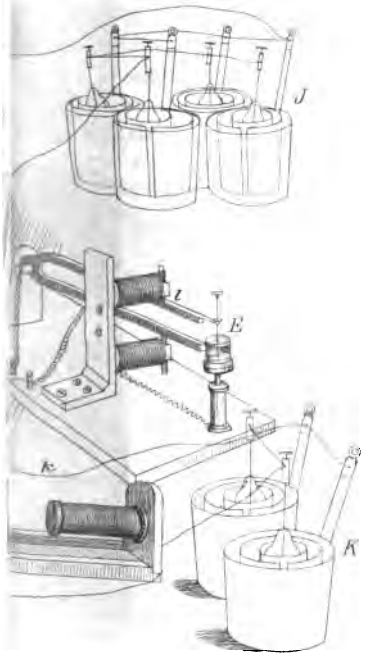
Arbeiten des Kieler Phisiolog. Instituts 1868.

ner die grösste Geschwindig-
Maximum der Abnahme-Ge-
rvortritt; in den Einzelheiten
ch Masse und Gewicht des
die Bewegung des Muskels
.: Anfang der Bewegung mit
Periode wird durch starke
eitens: Periode des starken
eriode des Maximums der
hme der Bewegung; letztere
einerseits und der Beweglich-
sticität des Muskels wird die
rgebracht. Die Periode der
wischenraum zwischen Ent-
ng war mit unserm Apparat
hwindet der erste Abschnitt
, dagegen verhält sich der
nden Theile der Muskelcurve.
em Zeichenrahmen gemacht
dass ein Abschnitt derselben
gezogen wird. Mit Berück-
Ausdehnung, die der Muskel
e erleidet, dürfte jedoch aus
nalyse der Muskelbewegung
zu erzeugen, dürften der
n, wenn auch das Auge an
chter, als an unsern Curven

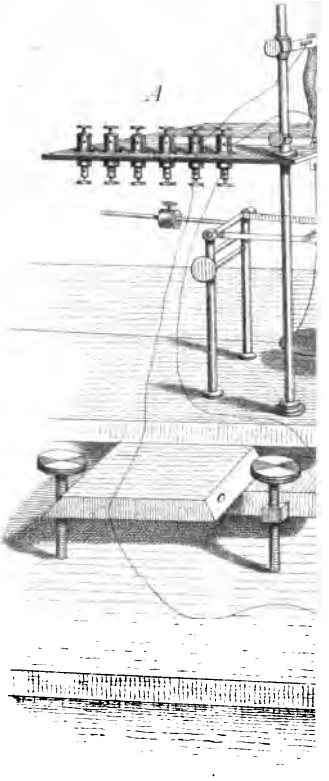
anger Muskeln mit einander
nennenswerth verschiedenen

en.

innung von Absprungscurven
bei dem die feuchte Kammer
c und f Schlittenapparat zur
Stimmgabel, g verstellbare
um Aufschreiben der Curven,
, F Du Bois'scher Schlüssel,
Batterie zum Anheften der
öffnet wird, wenn durch Ab-
von der Batterie K aus die
kreist, unterbrochen werden
e Drähte k und k' genügend
ch die Stimmgabel und von
ctionsschlag der secundären



ag der Schwers'schen Buchhandlung.


A

Maximum der Beschleunigung auftritt, dass ferner die grösste Geschwindigkeit erst später erreicht wird, während ein Maximum der Abnahme-Geschwindigkeit der Contraction nicht deutlich hervortritt; in den Einzelheiten aber ändert sich die Form der Curve je nach Masse und Gewicht des Rahmens sehr erheblich. Man kann daher die Bewegung des Muskels füglich in vier Abtheilungen bringen. Erstlich: Anfang der Bewegung mit langsamen Zuwachs der Schnelligkeit; diese Periode wird durch starke Belastung stark verlängert, Fig. Nr. 10. Zweitens: Periode des starken Zuwachses der Schnelligkeit. Drittens: Periode des Maximums der Schnelligkeit, und viertens: Periode der Abnahme der Bewegung; letztere wiederum sehr variabel, je nach der Belastung einerseits und der Beweglichkeit andrerseits des Rahmens. Durch die Elasticität des Muskels wird die Bewegung in bedeutend andrer Weise hervorgebracht. Die Periode der latenten Reizung hört ganz auf, d. h. eine Zwischenraum zwischen Entlastung des Muskels und Beginn der Bewegung war mit unserm Apparat nicht mehr sichtbar zu machen. Ebenso verschwindet der erste Abschnitt der Muskelcurve auf der Zeichnung (Fig. 14), dagegen verhält sich der Rest der Elasticitätscurve etwa so, wie die folgenden Theile der Muskelcurve.

Die gewöhnlichen Curven, welche mit dem Zeichenrahmen gemacht werden, bergen mehr oder weniger den Fehler, dass ein Abschnitt derselben lediglich unter den Einfluss des Fallgesetzes gezogen wird. Mit Berücksichtigung dieses Gesetzes und der elastischen Ausdehnung, die der Muskel durch das fallende Gewicht am Ende der Curve erleidet, dürfte jedoch aus solchen Zeichnungen vor allen eine genaue Analyse der Muskelbewegung zu gewinnen sein. Andre Arten die Curven zu erzeugen, dürften der Messung schwerlich eine genügende Basis bieten, wenn auch das Auge an ihnen die Wendepuncte der Schnelligkeiten leichter, als an unsern Curven und Zahlenreihen erkennt.

Die Vergleichung sehr kurzer und sehr langer Muskeln mit einander giebt, mit Ausnahme der Hubhöhe, keine nennenswerth verschiedenen Zeichnungen.

Erklärung der Figuren.

Tafel III, Fig. 1.

Darstellung des Apparats, wie er zur Gewinnung von Absprungscurven eingerichtet ist. A Pflüger'scher Myographion, bei dem die feuchte Kammer fortgelassen, a der Muskel, b der Zeichenstift, c und f Schlittenapparat zur Einstellung des Rahmens. B zeichnende Stimmgabel, g verstellbare Schrauben des Electromagneten, C Glasplatte zum Aufschreiben der Curven, D Inductionsapparat, E inducirende Stimmgabel, F Du Bois'scher Schlüssel, G Wippe mit herausgenommenem Kreuz, H Batterie zum Anheften der Stimmgabel, welche durch den Schlüssel F geöffnet wird, wenn durch Abspringen der Stimmgabel der Strom, welcher von der Batterie K aus die primäre Spirale des Inductionsapparates durchkreist, unterbrochen werden soll. Der Weg des letzteren Stromes ist durch die Drähte k und k' genügend deutlich markirt. Er geht, wie man sieht, durch die Stimmgabel und von da in den Kern des Electromagneten. Der Inductionsschlag der secundären

Spirale wird durch Umlegen der Wippe G beim Anheften der Stimmgabel verhindert. J, Elemente, durch welche die Schwingung der beiden Stimmgabeln hervorgerufen wird. Wenigen Elemente sind überall genügend, doch erleichtert es die Arbeit, wenn man mit der Stromstärke nicht zu sparsam verfährt.

Sollen Curven ohne Absprung erhalten werden, so fällt die Batterie H fort, ebenso die Drähte, welche von K zur Stimmgabel B gehen, statt dessen wird für den primären Inductionsstrom eine besondere Unterbrechung hergestellt.

Tafel IV.

Verschiedene Curven. Der Anfang der Bewegung überall durch ein * markirt.

Fig. 2. Absprung mit kurzem Stadium der latenten Reizung vom Biceps mit 100 Grm. Belastung am Messingrahmen.

Fig. 3. Gebrauchter Muskel, latente Reizung $^5/_{400}$ Secunde.

Fig. 4. Biceps mit 100 Grm. Belastung nicht gut gedehnt. Latente Reizung $^9/_{400}$ Secunden.

Fig. 5. Zuckungscurve am Holzrahmen Messung Nr. 1.

Fig. 6. von demselben Apparat; Messung Nr. 4. An der Spitze ist die Bewegung für Ansteigung und Fall identisch.

Fig. 7 und 8. Curven vom Messingrahmen.

Fig. 9. Curve von der Federpose.

Fig. 10. Curve vom Messingrahmen und Biseps bei 100 Grm. Belastung.

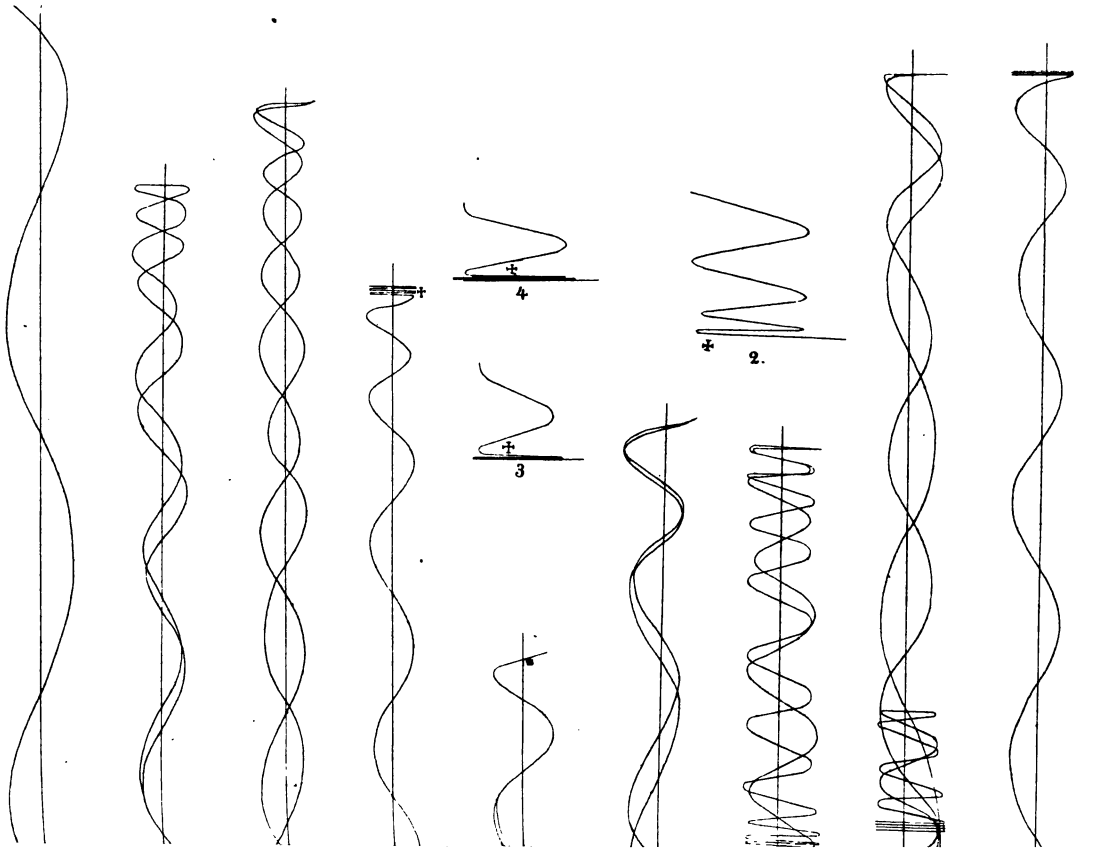
Fig. 11. Curve mit aequilibrirtem Messingrahmen. Messung Nr. 11.

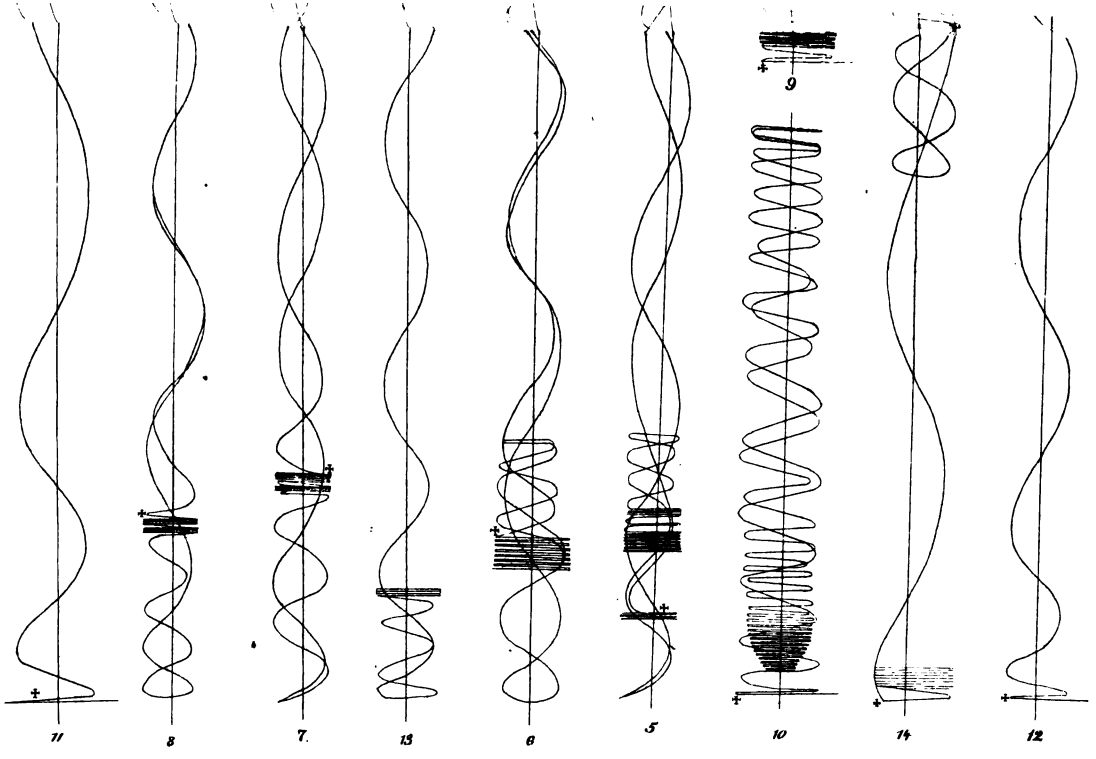
Fig. 12. Curve mit eingeklemmten Rahmen. Biceps.

Fig. 13. Fall des ungereizten Muskels Messingrahmen auf derselben Platte wie Fig. 7 und 8 geschrieben.

Fig. 14. Messung Nr. 22 Elasticitätscurve. Holzrahmen.

Die Curven von Holz- und Messingrahmen sind entsprechend der Länge des Hebelarms mit dreifach vergrösserter Schnelligkeit geschrieben, die der Federpose mit doppelter. Die Curven sind gezeichnet bei 4—5facher Vergrösserung.


4
2.
3



Arbeiten des Kieler Phisiolog. Jnstituts 1868.

Verlag der Schwers'schen Buchhandlung.

Ueber den

Einfluss der Schwangerschaft auf das Wachsthum und des Wachsthums auf Zahl und Gewicht der Jungen, nach Beobachtungen am Meerschweinchen

von

Dr. G. Edlefsen.

Im Auftrage und unter Anleitung des Herrn Professor Hensen stellte ich während eines Jahres, von Ostern 1865 bis Ostern 1866, Untersuchungen an den Meerschweinchen des Kieler physiologischen Instituts an, welche ursprünglich der Erforschung des embryonalen Stoffwechsels dienen sollten und unter andern in täglichen Wägungen der genannten Thiere bestanden. Eben durch diese Wägungen wurden wir nun fast unwillkürlich auch auf ein anderes Gebiet geführt, nämlich auf dasjenige des Wachsthums; und namentlich musste bei diesen Thieren, die sehr früh trächtig werden, die Frage nach dem Einfluss der Schwangerschaft auf das Wachsthum und umgekehrt des Wachsthums auf die Schwangerschaft in den Vordergrund treten. Sind nun auch die Untersuchungen im Allgemeinen noch zu keinem Abschluss gediehen, so haben sie doch in dieser einen Richtung so viel Material geliefert, dass ich mich berechtigt halte, daraus einige Schlüsse zu ziehen, und Herr Professor Hensen hat mir gestattet, diesen Punkt aus dem Uebrigen herauszugreifen und die Beobachtungen darüber für sich zu veröffentlichen.

Die Meerschweinchen eignen sich zu Studien über die Wechselbeziehungen zwischen Wachsthum und Schwangerschaft ganz besonders, weil sie häufig schon im Alter von 30 bis 40 Tagen zum ersten Mal brünstig werden und weil die Schwangerschaftsdauer eine so kurze ist, dass in der Regel die beiden ersten Schwangerschaften in die Wachsthumsperiode hineinfallen, ein Umstand, der dadurch noch begünstigt wird, dass die Thiere häufig gleich nach einer Entbindung wieder belegt werden.

Das letztere Verhalten ermöglicht es uns auch, die Dauer der Schwangerschaft annähernd zu bestimmen, was wiederum für die Bestimmung des Eintritts der ersten Brunst von Bedeutung ist. Die kürzeste Dauer von einer Entbindung bis zur nächsten, die von uns beobachtet wurde, betrug 63 Tage; einmal betrug sie 64, zweimal 65, einmal 66, sechsmal 67 und zweimal

68 Tage. Andere Male betrug sie 73, 76, 96 Tage u. s. w.: in diesen Fällen aber muss man annehmen, dass die Conception erst einige Zeit nach der Entbindung erfolgt sei. In dem Fall, wo die Dauer nur 63 Tage betrug, starben 4 der 6 Jungen gleich nach der Geburt; dieselben waren also wahrscheinlich nicht völlig ausgetragen. In den andern Fällen wurden immer ausgetragene Junge geboren, so dass man als die normalen Grenzen der Schwangerschaftsdauer die Zahlen von 64 und 68 Tagen annehmen kann. Da aber in 9 von 13 Fällen die Dauer zwischen 66 und 68 Tagen schwankte, so kann man wohl mit einigem Recht die mittlere Schwangerschaftsdauer gleich 67 Tage setzen. Bischoff [1]) giebt allerdings an, dass sie in der Regel 9 Wochen beträgt, räumt aber selbst ein, dass eine Differenz von einigen Tagen eintreten kann. Reichert [2]) spricht gleichfalls von der neunwöchentlichen Tragzeit, scheint aber selbst keine Untersuchungen darüber angestellt, sondern einfach die Dauer von 9 Wochen als feststehend angenommen zu haben.

Die Zahlen, welche durch die Wägungen gewonnen wurden, erhielten dadurch eine grössere Bedeutung, dass die Wägungen täglich um dieselbe Tageszeit angestellt wurden: es wurde dadurch möglich, Mittelzahlen aus beliebig langen Perioden zu gewinnen und so die Ungenauigkeiten und Schwankungen, welche durch die verschiedene Fütterung an verschiedenen Tagen und durch andere Einflüsse herbeigeführt werden konnten, zu eliminiren. — Ich habe mich meistens begnügt, die Mittelzahlen aus achttägigen Perioden zu ziehen, weil ich mich überzeugt habe, dass man auf diese Weise bereits genügende Sicherheit erhält, dass die so gewonnenen Zahlen der wirklichen Grösse während eines solchen Zeitraums entsprechen.

Nachdem ich dieses vorausgeschickt, gehe ich zu der Besprechung meines Themas über.

Nach Leuckart [3]) wird die Fruchtbarkeit der Thiere hauptsächlich bestimmt einmal von der Grösse des Bildungsmaterials, das während einer gewissen Zeit in dem Getriebe des individuellen Lebens (der Eltern) erspart wird, und sodann von der Grösse der materiellen Bedürfnisse des Embryo während der embryonalen Entwickelung. „Für die individuellen Bedürfnisse der Eltern," sagt Leuckart, „geht dieses Material (welches zum Aufbau der Embryonen verwandt wird) natürlich verloren; es erscheint als ein Ueberschuss, der dadurch entsteht, dass die ernährenden Thätigkeiten über das hinaus wirken, was für die Erhaltung der eigenen Existenz nothwendig ist." „Je mehr davon in einer gewissen Zeit erübrigt werden kann, desto fruchtbarer wird ein Thier sein, (wenn nicht die Ansprüche der Embryonen Abweichungen von dieser Regel bewirken)." „Je günstiger sich das Verhältniss zwischen Erwerb und Verbrauch, die Bilanz zwischen Einnahmen und Ausgaben gestaltet, desto schneller wird der Ueberschuss an Bildungsmaterial natürlich herbeigeschafft werden können." Diese allgemeinen Sätze Leuckart's, deren Richtigkeit sofort einleuchtet, kommen ohne Zweifel auch für jeden

---

1) Bischoff. Entwickelungsgesch. des Meerschweinchens. Giessen 1852. pag. 12.
2) Reichert. Beiträge zur Entwickelungsgesch. des Meerschweinchens. Physikalische Abhandlungen der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1861. pag. 104.
3) Leuckart in Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Art. „Zeugung".

concreten Fall in Anwendung und ich habe sie eben hier angeführt, weil mich dieselben im Folgenden hauptsächlich leiten werden. Doch muss ich noch Eins dazu bemerken.

Es ist ein höchst eigenthümliches Verhalten, dass eigentlich nur das weibliche Geschlecht darauf angewiesen ist, jenen Ueberschuss an Bildungsmaterial zu ersparen, dass also die Fruchtbarkeit fast nur vom weiblichen Geschlecht abhängt, während das männliche im Verhältniss nur sehr wenig dazu beiträgt. Wenn man bedenkt, dass ein weibliches Meerschweinchen, das mit 3 bis 4 Jungen trächtig ist, in diesen Jungen ein Gewicht erzeugt, welches einem Drittel, ja der Hälfte seines eigenen Gewichts gleichkommt, während der einmalige zur Befruchtung nöthige Samenergruss des Männchens kaum wägbar ist, [1]) so wird man diese Behauptung berechtigt finden. Denn dass bei allen Thieren und beim Menschen das Verhältniss ein ganz ähnliches ist, leuchtet Jedem ein. [2]) Allerdings wird man sagen, dass auch das männliche Geschlecht immer weit mehr Bildungsmaterial erzeugt, als zu einer einmaligen Befruchtung verwendet wird; trotzdem wird Niemand bezweifeln, dass es weder bei Thieren noch bei Menschen jemals dem vom weiblichen Geschlechte in den Embryonen nebst Placenten und Einhüllen oder den Eiern (bei Vögeln u. s. w.) erzeugten Material gleichkommt. Bei den Thieren, welche nur zu gewissen Zeiten brünstig werden, tritt dieses allerdings deutlicher hervor als bei Menschen. Eine Erklärung dafür zu finden, weshalb an das weibliche Geschlecht in dieser Beziehung so viel höhere Ansprüche gestellt werden als an das männliche, dürfte schwierig sein. Uebrigens ist hier auch nicht der Ort, auf dieses Verhältniss näher einzugehen. Ich begnüge mich, auf die Thatsache hingewiesen zu haben, auf welche übrigens auch Funcke [3]) aufmerksam macht, halte mich aber danach um so mehr berechtigt, die Sätze, welche Leuckart für die Eltern aufstellt, auf die Mutter allein zu beziehen und auf die Schwangerschaft und die Wechselbeziehung zwischen dieser und dem individuellen Haushalt der Mutter anzuwenden.

Werfen wir zunächst einen kurzen Blick auf die Verhältnisse bei erwachsenen Thieren, so sind hier in Betreff des Einflusses der Schwangerschaft auf den Haushalt der Mutter a priori zwei Fälle denkbar: Entweder das Thier wiegt nach vollendeter Schwangerschaft, d. h. nach der Entbindung, ebenso viel wie vor dem Beginn derselben, oder es wiegt weniger, während das Gewicht der Jungen vorläufig in beiden Fällen als gleich angenommen wird, — entweder also das Bildungsmaterial, welches es erzeugt hat, ist ein

1) Prof. Hensen wog einmal ein männliches Kaninchen eben vor und gleich nach einer zweimaligen Begattung, und konnte kaum einen Unterschied von $^1/_2$ Grm. in den Gewichten nachweisen. Dagegen gebar ein Meerschweinchen, das 605 Grm. wog, 4 Junge, deren Gewicht zusammen 299 Grm. betrug, ein anderes von 670 Grm. gebar 4 Junge zum Gewicht von 319 Grm.

2) Nach Paolo Mantegazza (Ricerche sullo sperma umano in der Gazetta medica Italiana Lombardia August 1866) beträgt die Quantität des bei einer Ejaculation entleerten Samens bei einem jungen Manne von 80 Kilogramm Gewicht durchschnittlich 6 Ccm., bei einem Hunde 10 Ccm. Bei Menschen wird die Quantität um so geringer, je öfter die Ejaculation bewirkt wird.

3) Funcke. Lehrb. d. Physiol. Bd. II. pag. 986: „Die Quantität der Zeugungsausgaben ist beim Manne bei Weitem geringer als beim Weibe."

reiner Ueberschuss, oder es hat ihn erzeugt auf Kosten seines eigenen Gewichts. Ausserhalb der Schwangerschaft hat das Thier nur so viel Stoffe aus der aufgenommenen Nahrung zu assimiliren, als nöthig sind, um das Körpergewicht auf der einmal erreichten Höhe zu erhalten; während der Schwangerschaft muss es so viel mehr resorbiren als nöthig ist, um den Aufbau des Foetus und seine Ernährung bis zur Reife zu ermöglichen, und es ist immer sehr möglich, dass in solchen Fällen, wo die Zufuhr von Nahrung nicht ausreicht, oder die Resorption auf irgend eine Weise gestört, oder wo der Stoffverbrauch erhöht ist, ein Theil der Stoffe, welche sonst zur Erhaltung des Körpergewichts der Mutter verwandt werden müssten, auf die Ausbildung des Foetus verwandt und der Oekonomie des mütterlichen Organismus entzogen würde, dass also das Gewicht der Mutter in solchen Fällen während der Schwangerschaft sänke.

Die erwachsenen Meerschweinchen, welche ich beobachten konnte, behaupteten in der Regel ihr Körpergewicht während der Schwangerschaft oder nahmen sogar an Gewicht zu; nur in zwei Fällen fand eine Verminderung des Körpergewichts statt und in diesen beiden Fällen waren die Thiere ohne Zweifel krank. Ueber den Einfluss einer mangelhaften Ernährung haben wir direct keine Untersuchungen angestellt; die Thiere wurden beständig gut gefüttert. Auch bei Menschen scheint meistens das Körpergewicht behauptet zu werden, ja es wird auch hier sogar eine Zunahme desselben beobachtet [1]).

In der Regel äussert sich eben der Einfluss einer mangelhaften Ernährung der Mutter überhaupt oder einer im Verhältniss zu den Ansprüchen der Embryonen nicht ausreichenden Ernährung in einer andern Richtung: Es kann das Gewicht der Mutter vor und nach der Schwangerschaft das gleiche sein, das Gesammtgewicht der Jungen aber in dem einen Falle grösser, in dem andern kleiner und ein geringeres Gewicht der Jungen dürfte am häufigsten das Resultat einer mangelhaften Ernährung der Mutter sein. Die Ansprüche, welche eine gleiche Zahl von Embryonen bis zu ihrer vollständigen Ausbildung machen, werden immer ungefähr dieselben sein; wenn aber die Mutter diese Ansprüche nicht erfüllen kann, wird die Ausbildung eben nicht so vollständig werden. Ist die Nahrungseinfuhr während der Schwangerschaft allzu gering, oder sind die Ausgaben zu hoch gesteigert, so werden die Früchte überhaupt oft nicht fertig ausgebildet, sondern es tritt Abortus ein. Eine von Bidder und Schmidt der Inanition ausgesetzte schwangere Katze abortirte am achten Tage nach Beginn der Inanitionskur [2]); nach Grenser [3]) haben die Entbehrung der nöthigen Erwärmung und Bekleidung des Körpers in strenger Winterkälte, Hungersnoth, körperliche Strapazen u. s. w., also Umstände, die theils eine mangelhafte Ernährung der Mutter, theils gesteigerte Ausgaben bedingen, bisweilen vorzeitiges Absterben des Eies zur Folge, und auf dieselbe Ursache dürfte in manchen Fällen der durch Krankheiten der Mutter veranlasste Abort zurückzuführen sein. Wenn aber der höchste Grad des Nahrungsmangels oder die

1) Nägele. Lehrb. d. Geburtsh. 6. Aufl. §. 155, nach Hecker.
2) Bidder und Schmidt. Verdauungssäfte.
3) Nägele a. a. O. §. 800. p. 758.

grösste Steigerung der Ausgaben ein völliges Aufhören der Ausbildung des Foetus zur Folge haben kann, so ist es jedenfalls wahrscheinlich, dass geringere Grade beider Factoren eine unvollständigere Entwickelung des Foetus bewirken werden.

Bei noch wachsenden Thieren wird sich das Verhältniss, wenn man annimmt, dass das Wachsthum ein constant fortschreitendes ist, offenbar anders gestalten. Während ein erwachsenes Thier, wenn es schwanger ist, nur so viel Material aufzunehmen hat, als nöthig ist, um den eigenen Stoffverbrauch zu ersetzen und den Aufbau der Frucht oder der Früchte zu ermöglichen, muss ein wachsendes Thier unter gleichen Umständen, wenn es sein Wachsthum fortsetzen soll, offenbar ein Plus dazu assimiliren, resp. ersparen; oder aber es kann nur verhältnissmässig weniger auf die Ausbildung der Früchte verwenden.

Da es nun kaum wahrscheinlich ist, dass bei wachsenden Thieren, um mit Leuckart zu reden, die ernährenden Thätigkeiten so viel mehr über das hinaus wirken sollten, was für die Erhaltung der eigenen Existenz nöthig ist, als bei Erwachsenen, so würden sich zwei Möglichkeiten als a priori ziemlich gleich wahrscheinlich aufstellen lassen: Entweder 1) das Wachsthum steht während der Schwangerschaft still und das Gewicht der erzeugten Jungen beträgt ebenso viel wie bei erwachsenen Thieren; oder 2) das Wachsthum geht während der Schwangerschaft fort und das Gesammtgewicht der Jungen ist um ein Entsprechendes geringer als bei erwachsenen Thieren.

Natürlich sind noch Modificationen dieser Möglichkeiten denkbar. Einmal ist es möglich, dass nicht nur das Wachsthum während der Schwangerschaft stillstände, sondern dass sogar das Gewicht des Thiers unter die einmal erreichte Höhe sänke. Ferner ist es möglich, dass das Wachsthum während der Schwangerschaft allerdings fortschreitet, aber doch nicht in demselben Maasse wie ausserhalb derselben, dass es also verlangsamt würde. Immer würde, wenn der oben aufgestellte zweite Fall sich als richtig erweist, wie bei erwachsenen Thieren die mangelhafte Ernährung, so bei wachsenden die grössere Menge, die für den mütterlichen Organismus verwandt werden muss, das Gewicht der Neugebornen herabsetzen.

I. Einfluss der Schwangerschaft auf das Wachsthum.

Bei den Meerschweinchen schreitet nun nach unsern Beobachtungen das Wachsthum während der Schwangerschaft in der Regel fort. Ein Blick auf die Tab. VIII. zeigt dieses sogleich. Fast jedes der dort aufgeführten wachsenden Thiere war nach jeder Schwangerschaft (d. h. nach der Entbindung) schwerer als vor Beginn derselben. Es finden sich von dieser Regel nur 3 Ausnahmen: Nr. 11 war nach der zweiten Schwangerschaft leichter als nach der ersten; in diesem Falle war aber auch die Zahl der Jungen eine ganz ungewöhnlich grosse. Nr. 10 und Nr. 7 waren nach der dritten Schwangerschaft leichter als nach der zweiten, doch war Nr. 7 ohne Zweifel krank, da dieses Thier 9 Tage nach der Entbindung starb.

Man wird hiergegen vielleicht einwenden, dass die Gewichtszunahme kein Maasstab für das Wachsthum eines Thieres sei. Ich habe die Länge

der Thiere nicht gemessen, glaube übrigens auch, dass für diese Frage die Gewichtszunahme weit mehr Bedeutung hat, als etwa die Constatirung einer Längenzunahme. Denn immer wird durch die Gewichtszunahme bewiesen, dass das Thier im Stande gewesen ist, ausser dem für den Aufbau der Früchte verwendeten Material noch etwas mehr zu erübrigen; ob dieses zur Vermehrung der Länge oder des Körperumfangs verwandt wird, ist im Grunde gleichgültig. Uebrigens lehrte bei allen diesen Thieren der Augenschein, dass es sich um ein wirkliches Wachsthum bei dieser Gewichtszunahme handelte; und in der That wäre auch bei so kleinem Thieren eine so beträchtliche Gewichtszunahme, wie sie die Tab. VIII. namentlich während der ersten Schwangerschaft aufweist, ohne Längenzunahme gar nicht möglich.

Ich darf also bestimmt behaupten, dass bei Meerschweinchen, gute Fütterung vorausgesetzt, das Wachsthum fortschreitet. Dieses Fortschreiten geht aber nicht mit derselben Schnelligkeit vor sich wie vor der Schwangerschaft; es tritt also jene oben erwähnte Modification ein: das Wachsthum wird verlangsamt.

Dieses geht einmal hervor aus einer Vergleichung der mittleren täglichen Wachsthumszunahme während des Zeitraums von der Geburt bis zum Beginn der Schwangerschaft mit derjenigen während der Dauer der Schwangerschaft. Ich lasse hier eine Tabelle (Tab. I) folgen, welche dieses Verhältniss bei 9 wachsenden Thieren zeigt und welche darthut, dass bei jedem der Thiere während der Schwangerschaft eine geringere tägliche Zunahme stattfand als vor derselben, und zwar so beträchtlich geringer, dass im Mittel die tägliche Zunahme vor der Schwangerschaft 5,365, während derselben nur 3,641 Grm. betrug, so dass die Thiere also im Mittel vor der Schwangerschaft täglich 1,724 Grm. mehr zunahmen als während derselben.

Gegen diesen Beweis lässt sich jedoch, abgesehen von der Ungenauigkeit, welche durch die Unmöglichkeit, den Anfang der Schwangerschaft genau zu bestimmen, bedingt wird [1]), einwenden, dass die geringere Zunahme während der Zeit der Schwangerschaft vielleicht nicht durch die Schwangerschaft selbst bedingt sei, sondern dadurch, dass überhaupt mit der Zunahme

---

1) Diese Ungenauigkeit ist allerdings vorhanden; doch ist der daraus resultirende Fehler jedenfalls kein grosser, da es sich immer nur um 2 bis 3 Tage handeln kann. Wie gering übrigens dieser Fehler immer sein muss, wird aus folgendem Beispiel klar: angenommen, Nr. 19 sei beim Beginn der Schwangerschaft nicht 29 sondern 32 Tage alt gewesen, dann würde auch sein Gewicht um diese Zeit nicht 222, sondern mindestens 234 Grm. betragen haben. Dadurch würde die Gewichtszunahme vor der Schwangerschaft statt auf 149 auf 161, während der Schwangerschaft, die dann nur 64 Tage dauern würde, statt auf 268,6 auf 256,6 Grm. sich stellen. Die mittlere tägliche Zunahme würde also vor der Schwangerschaft 5,031, während derselben 4,009 betragen, die Abweichung von den Angaben der Tabelle also eine sehr geringe sein.

Zu bemerken ist übrigens noch, dass die Thiere meistens erst am zweiten bis dritten Tage nach der Geburt an Gewicht zuzunehmen beginnen, während bis dahin das Gewicht etwas zu sinken pflegt. Dieses Sinken des Gewichts nach der Geburt ist so annähernd constant, dass es bei 55 von 59 Thieren beobachtet wurde, und so beträchtlich, dass diese 55 Thiere bei der Geburt (aber natürlich völlig trocken) 4364,2 Grm., also jedes 79,3, am zweiten Tage dagegen nur 4179,0, also jedes 76,0 Grm. wogen. Interessant erscheint diese Beobachtung besonders, weil nach Quetelet und Chaussier (Quetelet, sur l'homme et le développement de ses facultés, tome II. pag. 41) etwas Aehnliches auch bei Menschen beobachtet wird.

Tabelle I.

Weibchen Nr.	Gewicht			Alter in Tagen		Wachsthumszunahme		Durchschnittliche tägliche Zunahme [2]	
	gleich nach der Geburt	beim Beginn der Schwangerschaft [1]	am Ende der Schwangerschaft (nach der Entbindung)	beim Beginn der Schwangerschaft	am Ende der Schwangerschaft	bis zur (ersten) Schwangerschaft	während der (ersten) Schwangerschaft	bis zur Schwangerschaft	während der Schwangerschaft
10	84,3	285,3	615,3	39	106	201,0	330,0	5,154	4,925
11	75,5	264,6	579,1	30	97	189,1	314,5	6,303	4,604
13	82,5	278	544,1	39	106	195,5	266,1	5,013	3,971
15	99	212	495	17	84	113,0	283,0	6,647	4,224
16	75	298,4	532	44	111	223,4	233,6	5,077	3,486
18	71	393	619	78	145	322,0	226,0	4,128	3,373
19	73	222	490,6	29	96	149,0	268,6	5,138	4,008
20	86,5	402	554	55	122	315,5	152,0	5,736	2,268
22	108	480	675	73	140	372,0	195,0	5,096	2,910
Mittel								5,365	3,641

des Alters das Wachsthum allmälig ein langsameres werde. Dieser Einwand scheint dadurch noch eine Bestätigung zu finden, dass grade bei den Thieren, welche schon verhältnismässig alt waren, als sie schwanger wurden, die Wachsthumszunahme während der Schwangerschaft meistens eine noch geringere war als bei den andern Thieren, und ich glaube auch, er lässt sich nicht ganz beseitigen.

Dass aber diese Verlangsamung des Wachsthums nicht allein mit der Zunahme des Alters zusammenhängt, sondern dass eine wirkliche Abhängigkeit derselben von der Schwangerschaft besteht, das ergiebt sich aus der Vergleichung der Weibchen mit gleichaltrigen Männchen, ihren resp. Brüdern. Tab. II. giebt in möglichst übersichtlicher Weise eine solche Vergleichung von 5 Weibchen mit je einem, in einem Fall mit zwei Männchen desselben Wurfs. Es zeigt sich hier bei zwei Männchen (Nr. 9 und 12) sogar eine höhere Zunahme während der Zeit der Schwangerschaft des zugehörigen

1) Als Anfang der Schwangerschaft ist der 67. Tag vor der Entbindung angenommen worden und in dieser Rubrik das Mittel aus den letzten 8 Tagen vor Beginn der Schwangerschaft gegeben, in der folgenden das Mittel aus den ersten 8 Tagen nach der Entbindung. Es ist hiermit allerdings ein Fehler begangen: in Wahrheit geben jetzt die Zahlen der ersten Rubrik nicht das Gewicht am Tage des Beginns der Schwangerschaft, sondern dasjenige am 4. Tage vor Beginn derselben und ebenso die Zahlen der folgenden Rubrik das Gewicht am 4. Tage nach dem Ende der Schwangerschaft. Dieser Fehler ist aber jedenfalls eher hinzunehmen als derjenige, den man durch Unterlassung einer Berechnung von derartigen Mittelzahlen begehen würde und die Schlussfolgerungen, die ich aus diesen Zahlen ziehe, würden ohne diesen unvermeidlichen Fehler noch eclatanter bewiesen sein als jetzt (vgl. die Anm. 1 auf S. 136).

2) Diese Zahlen sind gewonnen durch Division mit der Zahl der Tage in die in der vorigen Rubrik gegebenen Zahlen der Gesammtzunahme.

Tabelle II.

		Gewicht (Gramm)			Alter (Tage)		Wachsthumszunahme (Gramm)			Durchschnittliche tägliche Wachsthumszunahme (Gramm)		
		bei der Geburt	bei Beginn der ersten Schwanger-schaft des ♀	gleich nach der ersten Entbindung des ♀	bei Beginn der ersten Schwanger-schaft des ♀	am Ende der ersten Schwanger-schaft des ♀	von der Geburt bis zur ersten Schwanger-schaft	während der ersten Schwanger-schaft	von der Geburt bis zur ersten Entbindung des ♀	von der Geburt bis zum Beginn der Schwanger-schaft	während der Schwanger-schaft	von der Geburt bis zur ersten Ent-bindung des ♀
Geschwister	♀ 10	84,3	285,3	615,3	39	106	201,0	330,0	531,0	5,154	4,925	5,009
	♂ 9	91,9	302,8	769,3	39	106	210,9	466,5	677,4	5,407	6,962	6,390
Geschwister	♀ 13	82,5	278	544,1	39	106	195,5	266,1	461,6	5,013	3,971	4,354
	♂ 12	84	278,4	643,6	39	106	194,4	365,2	559,6	4,984	5,450	5,279
	♂ 14	94,5	295,3	613,4	39	106	200,8	318,1	518,9	5,148	4,747	4,895
Geschwister	♀ 16	75	298,4	532	44	111	223,4	233,6	457,0	5,077	3,486	4,117
	♂ 17	83	334,3	609,5	44	111	251,3	275,2	526,5	5,711	4,107	4,743
Geschwister	♀ 19	73	222	490,6	29	96	149,0	268,6	417,6	5,138	4,008	4,350
	♂ 21	94,5	268,9	652,5	29	96	174,4	383,6	558,0	6,014	5,725	5,812
Geschwister	♀ 22	108	480	675	73	140	372,0	195,0	567,0	5,096	2,910	4,050
	♂ 23	116	473,5	723,3	73	140	357,5	249,8	607,3	4,897	3,728	4,338

Weibchens als vor derselben, bei den vier übrigen allerdings eine geringere. Ueberall aber ist die tägliche Zunahme der Männchen während der Zeit der Schwangerschaft der Weibchen eine beträchtlich höhere als diejenige der Weibchen, während vor der Schwangerschaft Männchen und Weibchen nur wenig differiren und das Männchen bald dem Weibchen etwas voraus ist, bald etwas hinter ihm zurückbleibt. Wo aber vor der Schwangerschaft das Weibchen stärker gewachsen ist als das Männchen, ist doch das Zurückbleiben während der Schwangerschaft so beträchtlich, dass immer die tägliche Zunahme der Weibchen von der Geburt bis zum Ende der Schwangerschaft hinter derjenigen der Männchen gleichen Alters zurücksteht (siehe die letzte Rubrik der Tab. II.).

Noch klarer und übersichtlicher führt das besprochene Verhalten der Weibchen und Männchen zu einander vielleicht die folgende kleine Tabelle vor Augen, welche die aus der vorigen berechneten Mittelzahlen giebt.

Tabelle III.

	Mittleres Gewicht bei der Geburt	Mittlere tägliche Zunahme		
		bis zur ersten Schwangerschaft	während der ersten Schwangerschaft	von der Geburt bis zur ersten Entbindung
bei den Männchen	93,98	5,360	5,120	5,243
bei den Weibchen	84,56	5,096	3,860	4,376

Es zeigt sich vor der Schwangerschaft zwischen Weibchen und Männchen eine geringe Differenz zu Gunsten der Männchen; während der Schwangerschaft ist die Zunahme der Männchen nur wenig geringer als vor derselben, die der Weibchen dagegen beträchtlich und der Unterschied zwischen Weibchen und Männchen während der Schwangerschaft tritt sehr deutlich hervor.

Hier ist freilich das Mittel von fünf Weibchen mit demjenigen von sechs Männchen zusammengestellt und damit, genau genommen, ein Fehler begangen. Nimmt man aber das Mittel aus den sämmtlichen neun Weibchen der Tab. I, so ergiebt sich für diese bis zum Beginn der Schwangerschaft eine mittlere tägliche Zunahme von 5,365, während der Schwangerschaft von 3,641, von der Geburt bis zum Ende der Schwangerschaft von 4,286 Grm. Die erstere Zahl stimmt merkwürdig überein mit der in Tab. III. für die Männchen gegebenen; alle drei aber weichen so wenig erheblich von den Angaben der Tab. III. für die Weibchen ab, dass dieses gradezu für die Gültigkeit dieser Statistik spricht, der allerdings sonst der Vorwurf gemacht werden kann, dass der Data und Zahlen, mit welchen sie rechnet, zu wenig sind.

Es dürfte demnach für die Meerschweinchen der Satz als feststehend zu bezeichnen sein: Während der Schwangerschaft schreitet das Wachsthum fort, wird aber unter dem Einfluss derselben verlangsamt.

Ich habe in den obigen Tabellen immer nur die erste Schwangerschaft berücksichtigt. Für die blosse Demonstration der Thatsache, dass während

der Schwangerschaft das Wachsthum fortschreitet, genügt auch wohl das Gegebene. Da es aber immerhin von Interesse ist, das Verhältniss zwischen Wachsthum und Schwangerschaft noch etwas weiter zu verfolgen, und da ich mich wenigstens da, wo mir die Möglichkeit einer weiteren Darlegung offen steht, nicht einer Unvollständigkeit schuldig machen möchte, so will ich nicht unterlassen, auch auf den Gang der zweiten Schwangerschaft einen Blick zu werfen.

Wie ich im Eingang gesagt habe und wie die Tab. VIII. zeigt, schreitet auch während der zweiten Schwangerschaft das Wachsthum noch fort, d. h. es findet eine Zunahme des Körpergewichts statt. Nur geschieht es nicht in dem Maasse wie bei der ersten Schwangerschaft; auch ist das Material, an welchem ich es demonstriren kann, noch kleiner und ich bin leider nur bei zwei Thieren im Stande, die Vergleichung mit den Männchen anzustellen. Zudem hat das Weibchen 11, wie oben erwähnt, während der zweiten Schwangerschaft an Gewicht verloren, muss also aussen vor bleiben.

Die fünf übrigen Weibchen, bei denen die zweite Schwangerschaft beobachtet ist, (vgl. Tab. VIII.) habe ich in einer kleinen Tabelle zusammengestellt, welche ich hier folgen lasse (Tab. IV). Sie zeigen, wie die Tabelle erweist, während der zweiten Schwangerschaft (die Zeitdauer von der ersten

Tabelle IV.

Weibchen Nr.	Gewicht am Ende der ersten Schwangerschaft	Gewicht am Ende der zweiten Schwangerschaft	Zeit von der ersten bis zur zweiten Entbindung (Tage.)	Wachsthumszunahme während dieser Zeit (Grm.)	Durchschnittliche tägliche Wachsthumszunahme (Grm.)	Alter am Ende der zweiten Schwangerschaft (Tage)	Wachsthumszunahme von der Geburt bis zum Ende der zweiten Schwangerschaft (Grm.)	Mittlere tägliche Wachsthumszunahme von der Geburt bis zum Ende der zweiten Schwangerschaft (Grm.)
1	529,4	605	67	75,6	1,128	—	—	—
7	483,6	621	68	137,4	2,020	175	557,5	3,186
10	615,3	732,5	66	117,2	1,776	172	648,2	3,768
13	544,1	710,1	96	166	1,729	202	627,6	3,107
19	490,6	576,7	67	86,1	1,285	163	503,7	3,090
Mittel	—	—	—	—	1,588	—	—	3,288

bis zur zweiten Entbindung schwankte bei vieren zwischen 66 und 68 Tagen, bei einem betrug sie 96 Tage) eine mittlere tägliche Wachsthumszunahme von 1,588 Grm., während die mittlere tägliche Wachsthumszunahme während der ersten Schwangerschaft bei den neun Weibchen der Tab. I. 3,641 Grm. betrug (vgl. pag. 13): das Minimum der täglichen Wachsthumszunahme während der zweiten Schwangerschaft beträgt 1,128, das Maximum 2,020 Grm. — Es ist also unzweifelhaft, dass hier während der zweiten Schwangerschaft eine Wachsthumszunahme allgemein stattfand, ebenso unzweifelhaft aber, dass sie beträchtlich geringer war als bei der ersten Schwangerschaft.

Die beträchtlich geringere Grösse des Wachsthums gegenüber dem-

jenigen während der ersten Schwangerschaft erklärt sich natürlich einmal aus dem grösseren Alter, dann aber auch aus der Säugungsthätigkeit, die bei diesen Thieren, da sie häufig gleich nach der Entbindung wieder belegt werden, oft in den Anfang der neuen Schwangerschaft hineinfällt und dann meistens noch die ersten 28 bis 30 Tage derselben einnimmt.

Der Einfluss der Milchabgabe gehört freilich eigentlich nicht in mein Thema hinein, welches ja nur von dem Einfluss der Schwangerschaft handeln sollte. Sie ist aber so eng mit der Schwangerschaft verknüpft und sie ist wieder eine so beträchtliche neue Leistung, welche das weibliche Geschlecht vor dem männlichen auszeichnet; auch beeinflusst sie den Gang des Wachsthums während der zweiten Schwangerschaft in so besonderer Weise, dass es mir wohl gestattet sein wird, auch ihr hier ein Paar Worte zu widmen

Allerdings werden die Meerschweinchen so ausserordentlich entwickelt geboren, dass sie meistens schon am zweiten Tage nach ihrer Geburt anfangen Gras zu fressen; dennoch können sie die Milch nicht ganz entbehren, und die Ausgabe, welche die Mütter in der Milchabgabe an die Jungen erleiden, ist keineswegs eine unbedeutende. Bei einem Weibchen von circa 600 Grm. Gewicht fand ich durch genaue Wägungen der beiden säugenden Jungen vor und nach jedem Saugen mit Berücksichtigung der Ausgaben an Perspiration und Excrementen eine Milchabgabe von 24,2 Grm. in 24 Stunden; bei einem zweiten eine solche von 15,304 Grm. in 12 (Tages-)Stunden [1]). Dies sind nur 2 Bestimmungen, die an sich noch wenig Werth haben; man sieht aber doch daraus, dass die Milchabgabe eine ansehnliche Grösse ist, die wohl mit in Rechnung gezogen werden muss, wenn wir auch den genauen Werth dieser Ausgabe nicht anzugeben vermögen, so lange uns der Gehalt der Meerschweinchenmilch an Fixis nicht bekannt ist. Wenn nun bei diesen Thieren die Säugungsthätigkeit häufig in den Anfang der neuen Schwangerschaft hineinfällt, so addirt sich während dieser Zeit diese Ausgabe zu derjenigen für die Ausbildung der Embryonen hinzu. Freilich wiegen die Embryonen mit Eihüllen und Flüssigkeiten am 28. Tage, dem gewöhnlichen Endtermin der Säugungsperiode, noch nicht viel. Nach einer von Herrn Professor Hensen gemachten Gewichtsbestimmung, die er mir freundlichst gestattet hat hier mitzutheilen, wog der Uterus eines Meerschweinchens mit den darin enthaltenen 2 Ebryonen, Eihüllen etc. am 28. Tage der Schwangerschaft reichlich 15 Grm., während der nicht schwangere Uterus circa 3 Grm. wiegt, so dass die Gewichtszunahme bis zum 28. Tage etwa 12 Grm, oder durchschnittlich täglich 0,428 Grm. beträgt. Dies ist, wie gesagt, nicht bedeutend, die Summe dieser Ausgaben aber muss doch eine ganz beträchtliche sein.

In der That zeigen denn auch die schwangern und zugleich säugenden Thiere (Nr. 1, 7, 10 und 19, Tab. V.) während der Säugungsperiode eine so geringe wirkliche tägliche Zunahme, dass dieselbe zum Theil noch hinter der in Tab. IV. berechneten mittleren täglichen Wachsthumszunahme während der zweiten Schwangerschaft zurücksteht, zum Theil um so wenig grösser ist als diese, dass der Ueberschuss noch nicht der Gewichtszunahme

1) Genauere Angaben über diese Bestimmungen, die ich im Auftrage des Herrn Prof. Hensen ausführte, bin ich hier zu geben nicht im Stande.

Tabelle V. Nach der ersten Entbindung:

Weibchen Nr.	Wirkliche tägliche Zunahme bis zum 28. Tage	Wirkliche tägliche Zunahme vom 28. Tage bis zum 60. Tage	Mittlere tägliche Wachsthums-zunahme nach Tab. IV.	Die wirkliche Zunahme differirt von der Wachsthums-zunahme um	Bemerkungen.
1	1,125	7,997	1,128	— 0,003	♀ 1, 7, 10 und 19 wurden gleich nach der ersten Entbindung wieder belegt. Zweite Entbindung 66—68 Tage nach der ersten. Bei 19 starben 2 der 3 Jungen am 2. Tage. ♀ 13 und 16 belegt, aber erst einige Zeit nach der ersten Entbindung: bei 13 zweite Entbindung 96 Tage nach der ersten, bei 16 nicht beobachtet, aber jedenfalls mehr als 75 Tage nach der ersten. Bei 16 starben die 3 Jungen gleich nach der Geburt. ♀ 15, 18 und 20 anscheinend nicht wieder belegt.
7	2,558	8,759	2,020	+ 0,538	
10	1,816	7,018	1,776	+ 0,040	
19	2,664	7,128	1,285	+ 1,379	
13	— 2,450	5,150	1,729	— 4,179	
15	— 0,104	2,825	—	—	
16	3,746	—	—	—	
18	— 0,375	—	—	—	
20	— 2,000	—	—	—	

des Uterus während dieser Zeit gleichkommt. Nur bei Nr. 19 überwiegt sie die Wachsthumszunahme um eine beträchtlichere Grösse; dieses Thier hatte aber auch nur ein Junges zu ernähren. Unter den Thieren, die nach der ersten Entbindung nicht oder doch nicht gleich wieder belegt wurden, beobachtete ich sogar bei Nr. 13, 15, 18 und 20 ein beträchtliches Sinken des Körpergewichts während der Säugungsperiode (im Mittel um täglich 1,232 Grm.). Dagegen nahm das Weibchen 16, dessen 3 Junge gleich nach der Geburt starben, während der ersten 28 Tage nach der Entbindung täglich um 3,746 Grm. zu, woraus hervorgehen dürfte, dass es wirklich die Milchabgabe ist, welche bei den andern Thieren das Sinken des Gewichts oder die Geringfügigkeit des Steigens desselben bedingt.

Bei den belegten Thieren findet dann nach dem Aufhören der Milchsecretion eine so viel beträchtlichere Gewichtszunahme statt und wo während der Säugungsperiode die wirkliche Zunahme geringer war als die mittlere Wachsthumszunahme, muss natürlich das Wachsthum während der zweiten Periode der Schwangerschafft um so stärker sein. Weitere Schlüsse zu ziehen, ist bei der geringen Zahl der Beobachtungen nicht gestattet. Doch scheint daraus zu folgen, dass die Milchsecretion noch mehr Material beansprucht oder beanspruchen kann als die Ausbildung der Embryonen in der Periode ihres stärksten Wachthums.

Dass auch während der zweiten Schwangerschaft eine Verlangsamung des Wachsthums durch die Schwangerschaft selbst stattfinde, ist allerdings wahrscheinlich; ich kann es aber nicht sicher constatiren. Denn ich habe weder die Wägungen der Thiere, die nicht belegt wurden, lange genug fortgesetzt, um mit diesen vergleichen können, noch steht mir eine ausreichende Vergleichung mit den Männchen zu Gebot. Die letztere kann ich, wie schon oben erwähnt, nur für 2 Weibchen, Nr. 7 und Nr. 10, anstellen. Ich gebe hier der Vollständigkeit halber eine kleine Tabelle, welche diese Vergleichung enthält, ohne jedoch auf dieselbe besonderen Werth zu legen (Tab. VI.). Man sieht, dass das Männchen Nr. 9 eine beträchtlich geringere tägliche

Wachsthumszunahme zeigt als das zugehörige Weibchen Nr. 10: Nr. 9 hatte aber auch offenbar sein Wachsthum schon vor Ablauf der zweiten Schwangerschaft von Nr. 10 vollendet, da es während 14 Tage vor diesem Termin und einer gleichen Zeit nach demselben ein constantes Mittelgewicht von 828,4 Grm. zeigte. Männchen Nr. 8 hat dagegen, wie die Tabelle zeigt, auch während der zweiten Schwangerschaft des Weibchens Nr. 7 noch beträchtlich stärker zugenommen als dieses. Beide Männchen aber zeigen von der Geburt bis zum Ende der zweiten Schwangerschaft der Weibchen eine entschieden grössere mittlere tägliche Wachsthumszunahme als die Weibchen.

Tabelle VI.

	Zeit von der ersten bis zur zweiten Entbindung der Weibchen (Tage)	Wachsthumszunahme während dieser Zeit (Grm.)	Mittlere tägliche Wachsthumszunahme während dieser Zeit (Grm.)	Mittel	Alter bei der zweiten Entbindung der Weibchen (Tage)	Wachsthumszunahme von der Geburt bis zur zweiten Entbindung (Grm.)	Mittlere tägliche Wachsthumszunahme von der Geburt bis zur zweiten Entbindung (Grm.)	Mittel
♀ Nr. 7	68	137,4	2,020	1,898	175	557,5	3,186	3,477
„ „ 10	66	117,2	1,776		172	648,2	3,768	
♂ „ 8	68	257,6	3,778	2,342	175	711,4	4,065	4,174
„ „ 9	66	59,1	0,895		172	736,5	4,282	

Ich lasse jetzt noch eine Tabelle folgen, welche das Verhältniss der Männchen zu den Weibchen zu verschiedenen Zeiten zeigt (Tab. VII.). Ich glaube allerdings, dass das bereits Gegebene genügt, soweit überhaupt das Material reicht, um die Folgerungen, die ich gezogen habe, zu begründen. Ich habe aber für die Beifügung dieser Tabelle einen besonderen Grund. Man wird leicht sehen, dass diese Tabelle eine andere Anschauung von dem Wachsthum der Männchen und Weibchen im Verhältniss zu einander giebt als die vorigen. Die früheren Tabellen und die daraus gezogenen Schlüsse sind gegründet auf die stillschweigende Voraussetzung, dass zwei Thiere, gleichgültig, welches Gewicht sie im Anfang hatten, gleichmässig gewachsen sind, wenn sie in einer gleichen Zeiteinheit um ein gleiches Gewicht zugenommen haben. Es ist die Frage, ob diese Voraussetzung richtig ist, oder ob nicht vielmehr, abgesehen von andern beeinflussenden Nebenumständen, bei dem Wachsthum eine Abhängigkeit vom Anfangsgewicht angenommen und deshalb bei einer Vergleichung verschiedener Thiere mit einander auf dieses reducirt werden muss, in der Weise, dass man z. B. anzunehmen hätte, ein Thier, welches ursprünglich 80 Grm. wog, habe eben so viel zugenommen, so oft es 8 Grm. gewinnt, wie ein anderes, welches ursprünglich 100 Grm. wog, so oft es 10 Grm. gewinnt. Es würde mich zu weit und zu sehr in die Besprechung des Wachsthums im Allgemeinen hinein führen, wenn ich hierauf näher eingehen wollte; auch ist es zu schwer, hierin eine Entscheidung zu treffen, als dass ich es wagen dürfte, dieses hier selbstständig zu versuchen. Eine herrschende Ansicht aber, an die man sich an-

schliessen könnte, scheint noch nicht zu bestehen. Das Wachsthum ist überhaupt ein noch so wenig bebautes Gebiet, dass man in den Handbüchern der Physiologie vergebens sucht, sich zu orientiren; es scheint mir charakteristisch zu sein, dass selbst in dem umfangreichen Lehrbuch der Physiologie von Funke sogar das Wort „Wachsthum" im Inhaltsverzeichniss fehlt. Das einzige Werk, in welchem ich etwas über das Wachsthum im Allgemeinen gefunden habe, ist Quetelet: sur l'homme et le développement des ses facultés, ou essai de physique sociale, Bruxelles 1836. Doch finde ich auch hier Nichts, was diese Frage sicher entscheiden könnte. Vielleicht wird jedoch das Richtige in der Mitte liegen und sich überhaupt keine bestimmte Regel dafür aufstellen lassen, wenigstens nicht, so lange nicht sehr grosse Zahlenreihen zu Gebot stehen. Dem sei nun wie ihm wolle, ich gebe diese Tabelle, ohne eine Entscheidung treffen zu wollen, nur um zu zeigen, wie sich das Wachsthum der Weibchen, verglichen mit dem der Männchen, darstellt, wenn man auf das Anfangsgewicht reducirt. Das geschieht aber ohne Zweifel, wenn man, wie in dieser Tabelle, das Verhältniss zwischen Männchen und Weibchen zu verschiedenen Zeiten berechnet und aus der Aenderung dieses Verhältnisses auf die Verschiedenheit des Wachsthums bei beiden schliesst.

Die Tabelle zeigt nun, dass bei Beginn der Schwangerschaft das Verhältniss zwischen Männchen und Weibchen sich durchweg seit der Geburt

Tabelle VII.

	Verhältniss						
	des Männchen Nr. 9 zum Weibchen Nr. 10	des ♂ Nr. 12 zum ♀ Nr. 13	des ♂ Nr. 14 zum ♀ Nr. 13	des ♂ Nr. 17 zum ♀ Nr. 16	des ♂ Nr. 21 zum ♀ Nr. 19	des ♂ Nr. 23 zum ♀ Nr. 24	Mittel
Bei der Geburt	1 : 0,917	1 : 0,982	1 : 0,873	1 : 0,904	1 : 0,772	1 : 0,931	1 : 0,896 [1]
Bei Beginn der Schwangerschaft der Weibchen	1 : 0,912	1 : 0,998	1 : 0,941	1 : 0,892	1 : 0,825	1 : 1,014	1 : 0,925
Nach der ersten Entbindung der Weibchen	1 : 0,799	1 : 0,845	1 : 0,887	1 : 0,873	1 : 0,752	1 : 0,933	1 : 0,848

so geändert hat, dass die Weibchen verhältnissmässig schwerer geworden sind als die Männchen, dass sie also von der Geburt bis zum Beginn der Schwangerschaft stärker gewachsen sind als diese. Nur Weibchen Nr. 16 macht eine Ausnahme. Während der Schwangerschaft ist dann das Gewicht

1) Man könnte hieraus, wie aus den Daten der früheren Tabellen schliessen, dass die Weibchen bei der Geburt in der Regel beträchtlich leichter seien als die Männchen. Wenn man jedoch das Mittel aus grösseren Zahlenreihen zieht, so ergiebt sich, dass der Unterschied der Gewichte beider nicht bedeutend ist: Von 131 neugeborenen Thieren, welche theils von mir selbst, theils später von Herrn Professor Hensen gewogen wurden, der mir seine Aufzeichnungen freundlichst zur Verfügung gestellt hat, wogen die 66 Männchen 5420 Grm., also jedes 82,121 Grm., die 65 Weibchen 5206, also jedes 80,092 Grm.: das Männchen verhielt sich also zum Weibchen wie 1 : 0,975. In 17 Fällen aber, wo je ein Weibchen und ein Männchen geboren wurden, wogen die 17 Männchen 1515, also jedes 89,1 Grm., die 17 Weibchen 1479,5, also jedes 87,8 Grm., was ein Verhältniss von 1 : 0,977 ergiebt.

der Weibchen wieder im Verhältniss zu dem der Männchen gesunken; der verlangsamende Einfluss der Schwangerschaft tritt also deutlich vor Augen; aber es zeigt sich bei Weibchen Nr. 22 und 13 (im Verhältniss des Männchen 14) nach der Entbindung das gleiche oder sogar ein höheres Verhältniss des Weibchen zum Männchen wie bei der Geburt, bei Nr. 16 und 19 ist das Verhältniss zum Männchen nur unbeträchtlich geringer als bei der Geburt und nur bei Nr. 10 und 13 (im Verhältniss zu ♂ 12) ist der Unterschied ein recht in die Augen fallender. Man würde also hiernach zu dem Schluss kommen: Die Schwangerschaft übt allerdings einen verlangsamenden Einfluss auf das Wachsthum aus, aber derselbe wird dadurch mehr oder weniger ausgeglichen, dass die Weibchen vor der Schwangerschaft stärker wachsen als die Männchen, und daher können die Weibchen am Ende der Schwangerschaft ein Gewicht haben, welches zu dem der zugehörigen Männchen in demselben Verhältniss steht wie bei der Geburt.

Mag nun die eine oder die andere Auffassung die richtigere sein, sicher bleibt immer, dass das Wachsthum während der Schwangerschaft fortschreitet, und das ist die Hauptsache. Die Frage, ob es verlangsamt werde oder nicht, kommt immer erst in zweiter Linie in Betracht. In Wahrheit zeigt sich ja aber der verlangsamende Einfluss der Schwangerschaft auch nach der zweiten Auffassung deutlich genug und wenn er durch ein stärkeres Wachsen der Weibchen vor der Schwangerschaft zum Theil ausgeglichen wird, so ist dies doch immer Etwas, das mit der Schwangerschaft in keinem Zusammenhang steht und braucht uns hier deshalb nicht weiter zu beschäftigen.

Werfen wir jetzt noch einen Blick auf die Ansichten, welche über den Einfluss der Schwangerschaft auf das Wachsthum bestehen, so finden wir, dass sie keineswegs mit dem übereinstimmen, was wir für die Meerschweinchen gefunden haben. Litzmann [1]) führt an, während der Schwangerschaft stehe das Wachsthum still. Burdach [2]) behauptet dasselbe und fügt noch hinzu, dass das Wachsthum, nachdem einmal eine Schwangerschaft eingetreten sei, zuweilen ganz aufhöre. Beide Autoren berufen sich auf Pott [3]). Dieser aber führt einfach nur die Thatsache an und verweist auf Osiander [4]). Auch bei diesem fehlen jedoch die Belege. Burdach führt an einer andern Stelle [5]) noch an, dass alle Hausthiere nie die gehörige Grösse und Stärke erreichen, wenn man sie zu früh sich begatten lässt. Weitere Angaben, die sich speciell auf diesen Punkt bezögen, habe ich nicht auffinden können. Quetelet [6]), der über das Wachsthum im Allgemeinen manches sehr schätzbare Material beibringt, hat leider auf den Einfluss der Schwangerschaft sehr wenig Rücksicht genommen. Er sagt allerdings [7]): La femme

1) Litzmann in Wagner's Handwörterb. d. Physiolog. Art. Schwangerschaft.
2) Burdach. Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. II. pag. 91. §. 347 d.
3) Pott. Laur. Ph. J. Comm. de corporis feminae gravidae mutationibus iisque cum integra ipsius inter graviditatem valetudine recte conciliandis. Gotting. 1815. pag. 7.
4) Osiander. Grundriss der Entbindungskunst. 1802.
5) Burdach a. a. O. Bd. III. pag. 329, wo verwiesen wird auf: Joh. Pet. Franck. System einer vollst. med. Polizei. Mannheim 1779—1819.
6) Quetelet. Sur l'homme etc. Tome second.
7) a. a. O. pag. 51.

parvient au maximum de son poids plus tard que l'homme, und ferner: A partier de l'âge de 19 ans environ le développement de son poids est à peu près stationnaire jusqu'à l'époque, où elle cesse de procréer. Aber durch die Daten seiner Tabellen wird dieses keineswegs bewiesen; nach einer Tabelle z. B. (Bd. II. pag. 49) nehmen die Frauen vom 18. bis zum 40. Jahr immer noch um 4,2 Kilogramm zu, während die Männer in der gleichen Zeit 5,8 Kilogrm. gewinnen. Etwas beweisender ist eine Vergleichung zwischen den Tabellen auf pag. 45 und 46, nach welchen die Männer in derselben Zeit 7,6, die Frauen 3,5 Kilogrm. zunahmen. Leider sind aber nirgends die verheiratheten Frauen von den unverheiratheten getrennt, viel weniger ist auf den Einfluss der einzelnen oder wiederholten Schwangerschaften Rücksicht genommen. Uebrigens sagt Quetelet an einer andern Stelle [1]) auch nur von der Frau: pendant le temps de sa fécondité, c'est à dire entre 18 et 40 ans, son poids augmente d'une manière peu sensible.

Es fällt mir natürlich nicht ein, zu behaupten, weil bei Meerschweinchen das Wachsthum während der Schwangerschaft fortschreite, müsse dasselbe auch bei andern Thieren und beim Menschen der Fall sein; jedenfalls ist man aber, so lange nicht genaue Untersuchungen darüber angestellt sind, berechtigt zu bezweifeln, dass es während der Schwangerschaft stillsteht. Bedenkt man, dass bei Menschen das Wachsthum sehr häufig sprungweise erfolgt, dass bei manchen Menschen Pausen von mehreren Jahren eintreten, in welchen durchaus kein Fortschreiten des Wachsthums beobachtet wird, so leuchtet ein, dass man, falls auch häufig während der Schwangerschaft ein Stillstand des Wachsthums beobachtet wird, doch noch keineswegs behaupten darf, dass die Schwangerschaft der Grund sei, wenn nicht die Zahl der Beobachtungen eine sehr grosse ist. Es wird aber bei Menschen immer grosse Schwierigkeiten haben, über diese Verhältnisse Untersuchungen anzustellen, die zahlreich und genau genug sind, um darauf sichere Schlüsse zu bauen und namentlich dürfte sich nicht häufig Gelegenheit bieten, Frauen vor und nach der Schwangerschaft zu wägen.

II. Einfluss des Wachsthums auf die Schwangerschaft.

Da, wie wir gesehen haben, bei den Meerschweinchen das Wachsthum während der Schwangerschaft fortschreitet, so ist es nach unserer oben gegebenen Deduction bereits wahrscheinlich, dass das Gesammtgewicht der Jungen aus den in die Wachsthumsperiode hineinfallenden Schwangerschaften um ein Entsprechendes geringer sein wird als bei erwachsenen Thieren. In der That wird diese Annahme durch unsere Beobachtungen als richtig erwiesen.

Ich lasse hier eine Tabelle (Tab. VIII.) folgen, auf welche ich schon mehrfach verwiesen habe, weil sich in ihr eine grössere Zahl von Daten vereinigen liess als in irgend einer der vorigen. Diese Tabelle zeigt von 11 Thieren den ersten, von 6 derselben den zweiten und von dreien auch den dritten Wurf. Eine kleinere Tabelle (Tab. IX.), welche ich derselben

1) a. a. O. pag. 64.

Tabelle VIII.

Weibchen Nr.	Erste Geburt: Alter der Mutter (Tage)	Erste Geburt: Gewicht der Mutter (Grm.) Im Beginn der Schwangerschaft [1]	Erste Geburt: Gewicht der Mutter (Grm.) nach der Entbindung [2]	Erste Geburt: Zahl der Jungen	Erste Geburt: Gesammtgewicht der Jungen gleich nach der Geburt (Grm.)	Zweite Geburt: Alter der Mutter (Tage)	Zweite Geburt: Gewicht der Mutter nach der Entbindung [2] (Grm.)	Zweite Geburt: Zahl der Jungen	Zweite Geburt: Gesammtgewicht der Jungen gleich nach der Geburt (Grm.)	Dritte Geburt: Alter der Mutter (Tage)	Dritte Geburt: Gewicht der Mutter nach der Entbindung [2] (Grm.)	Dritte Geburt: Zahl der Jungen	Dritte Geburt: Gesammtgewicht der Jungen gleich nach der Geburt (Grm.)
1	x.	—	529,4	2	176,2	x. + 67	605	3	261	x. + 135	633,4	4	319
7	107	—	483,6	2	143	175	621	2	224	240	544 [3]	4	277
10	106	285,3	615,3	2	158	172	732,5	2	196,5	236	682,3	4	245,5
11	97	264,6	579,1	2	208	160	553,5	6 [4]	306,8				
13	106	278	544,1	2	177,5	202	710,1	3	214,5				
19	96	222	490,6	3	181	163	576,7	3	198				
15	84	212	495	1	100								
16	111	298,4	532	3	204								
18	145	393	619	2	168,5								
20	122	402	554	3	232,5								
22	140	480	675	3	214,5								

Tabelle IX.

	Gewicht der Mutter	Zahl der Jungen	Mittel-Gewicht eines einzelnen Jungen	Gesammtgewicht der Jungen	Verhältniss des Gesammtgewichts der Jungen zu dem der Mutter
Erste Geburt	556,1	2,27	78,5	178,2	1 : 3,076
Zweite Geburt	633,1	3,16	73,72	232,95	1 : 2,718
Dritte Geburt	657,8 [5]	4,0	70,125	280,5	1 : 2,345

1) Als Anfang der Schwangerschaft ist der 67. Tag vor der Entbindung angenommen worden und in dieser Rubrik das Mittel aus den letzten 8 Tagen vor Beginn der Schwangerschaft gegeben.

2) Mittel aus den ersten 8 Tagen nach der Entbindung.

3) Ohne Zweifel krank; starb 9 Tage später, nachdem das Gewicht bis auf 422 Grm. gesunken war. Hier ist deshalb das Gewicht gleich nach der Entbindung und nicht das Mittel aus 8 Tagen aufgeführt.

4) Vier der Jungen starben gleich nach der Geburt.

5) Mittel aus den Gewichten von Nr. 1 und Nr. 10, da Nr. 7 nicht normal.

angefügt habe, zeigt die aus den Daten der Tab. VIII. berechneten Mittelzahlen, nebst einer Berechnung des Verhältnisses zwischen dem Gesammtgewicht der Jungen und dem Gewicht der Mutter bei jedem Wurf. Aus diesen Tabellen geht nun Folgendes hervor:

1. Jedes Thier producirte in der zweiten Schwangerschaft mehr Material in seinen Jungen als in der ersten, auch wenn die Zahl der Jungen die gleiche war, und in der dritten mehr als in der zweiten.

2. Im Mittel ist das Gesammtgewicht der Jungen beim zweiten Wurf beträchtlich grösser als beim ersten, beim dritten grösser als beim zweiten.

3. Im Mittel ist die Zahl der Jungen beim zweiten Wurf grösser als beim ersten, beim dritten grösser als beim zweiten.

4. Im Mittel ist das Verhältniss des Gesammtgewichts der Jungen zu dem Gewicht der Mutter beim ersten Wurf geringer als beim zweiten, beim zweiten geringer als beim dritten.

Der erste Satz erleidet, wie die Tab. VIII. zeigt, keine einzige Ausnahme, und gewinnt dadurch trotz der geringen Zahl dieser Beobachtungen an Bedeutung. Für diese Reihe von Beobachtungen ist er jedenfalls unbedingt richtig. Der zweite Satz würde direct aus dem ersten folgen, wenn von allen Thieren der zweite und dritte Wurf beobachtet wäre und auch dann noch der erste Satz sich als richtig erwiese. Da dieses nicht der Fall ist, so musste er noch besonders hervorgehoben werden. Da ferner einzelne Thiere beim ersten Wurf mehr Gewicht in ihren Jungen producirten als andere beim zweiten, so kann der zweite Satz seiner Allgemeinheit nach angefochten werden.

Im Durchschnitt ist das Gewicht der einzelnen Jungen bei dem ersten Wurf grösser als beim folgenden. Wenn trotzdem das Gesammtgewicht der Jungen beim ersten Wurf kleiner ist, so kann dies nur dadurch bedingt sein, dass beim ersten Wurf eine geringere Zahl von Jungen zur Welt kommt als bei den folgenden. In der That zeigt auch die Tab. IX., wie es auch der dritte Satz ausspricht, dass dieses der Fall ist, dass beim ersten Wurf die Zahl der Jungen im Mittel 2,27, beim zweiten 3,16, beim dritten 4,0 beträgt. Allerdings haben 4 Thiere (Tab. VIII.) beim ersten Wurf 3 Junge bekommen, also eben so viel wie andere beim zweiten. Indessen zeigt sich doch jedenfalls, dass die Procentzahl der Thiere, welche mehr als zwei Junge bekommen, mit dem Alter zunimmt. Beim ersten Wurf brachten von 11 Thieren 4, also 36,36 Procent, beim zweiten von 6 Thieren 4, also $66^2/_3$ Procent, beim dritten alle Thiere, also 100 Procent mehr als zwei Junge zur Welt. Uebrigens scheint auch bei den Erstgebärenden ein gewisser Einfluss des Alters auf die Zahl sich geltend zu machen: von 6 Erstgebärenden, welche 107 Tage oder darunter alt waren, brachte ein Thier, also 16,67 Procent, von vieren, welche 111 bis 145 Tage alt waren, brachten drei, also 75 Procent, mehr als zwei Junge zur Welt. Von den letzten vieren kann man mit einigem Grund annehmen, dass sie erst bei der zweiten, zum Theil vielleicht sogar erst bei der dritten Brunst befruchtet worden sind, und sicher ist, dass sie beim Beginn der Schwangerschaft schon beträchtlich schwerer waren als die meisten der andern sechs.

Das Hauptresultat würde also das sein, dass die Meerschweinchen, als Thiere, die in der Norm mehr als ein Junges zur Zeit zur Welt bringen,

während der ersten und zweiten Schwangerschaft eine geringere Zahl zur Ausbildung bringen als später und dadurch vermuthlich in den Stand gesetzt werden, ihr Wachsthum trotz der Schwangerschaft fortzusetzen. Man könnte also allenfalls sagen, es sei von der Natur, um ein Fortschreiten des Wachsthums während einer frühen Schwangerschaft zu ermöglichen, die Einrichtung getroffen, dass bei der ersten Brunst eine geringere Zahl von Eiern reiften und sich lösten als bei späteren: Damit mehr Material für die Mutter erübrigt werden könne, werden die Ansprüche der Embryonen geringer, indem ihre Zahl geringer wird.

Bei Menschen ist die Entwickelung von mehreren Früchten auf einmal etwas Ungewöhnliches; dennoch ist mit dem Verhalten bei den Meerschweinchen zusammengehalten die Thatsache von Interesse, auf welche Duncan [1]) aufmerksam macht, dass nämlich Zwillinge häufiger von älteren als von jüngeren Müttern geboren werden und dass Zwillingsschwangerschaften häufiger bei Mehr- als bei Erstgebärenden vorkommen: „The older a mother is," schliesst Duncan, „the more likely is she to have twins." Noch mehr gilt dieses von Drillingen u. s. w. Unter 10 Fällen von Drillingsschwangerschaft, die Duncan zusammenstellt, kam keiner bei Müttern unter 27 Jahren und keiner in einer ersten Schwangerschaft vor. Duncan citirt dann auch bei dieser Gelegenheit eine Angabe von Burdach, wonach verschiedene Thiere anfangs weniger Junge gebären, als später, so das Elennthier und der Bär zuerst 1, später 2, der Hamster anfangs 3 bis 6, später 8 bis 16 Junge; ähnlich der Dachs (pig.). Aehnliches berichtet Duncan selbst von Hündin und Sau (sow). Vielleicht ist es also bei Thieren, welche im erwachsenen Zustande überhaupt mehrere Junge zur Welt zu bringen pflegen, Regel, dass sie ihre Zeugungslaufbahn mit einer geringeren Zahl von Jungen beginnen, um allmählich zu einer grösseren anzusteigen.

Dass bei Meerschweinchen die geringere Zahl von Jungen, welche im Anfang der Zeugungsthätigkeit geliefert werden, zu dem Wachsthum in Beziehung steht, scheint mir nach unsern Beobachtungen mindestens sehr wahrscheinlich. Ob bei den andern Thieren, bei welchen dasselbe Verhältniss obwaltet, dieselbe Beziehung besteht, weiss ich nicht, da bei den Angaben darüber nicht darauf Rücksicht genommen ist, ob die Thiere während der ersten Schwangerschaft noch wachsen oder nicht. Es wird jedoch wahrscheinlich, dass sie noch wachsen, wenn es richtig ist, was Burdach [2]) angiebt, dass nämlich die meisten Thiere sich schon vor Beendigung ihres Wachsthums fortpflanzen.

Was bei Thieren, die mehrere Junge auf einmal zur Welt bringen, durch eine geringere Zahl von Jungen bewirkt wird, würde bei Thieren, die nur ein Junges zur Zeit gebären, nur durch geringeres Gewicht des ersten Neugeborenen erzielt werden können. Uebrigens wird natürlich der Einfluss des Wachsthums bei verschiedenen Thieren sehr verschieden sein müssen, da die Länge des Zeitraums von der ersten Brunst bis zur Beendigung des Wachsthums im Verhältniss zu der Länge des Zeitraums von

---

1) J. Matthews Duncan. Fecundity, Fertility, Sterility and allied topics. Edinb. 1866. part. III.

2) Burdach a. a. O. Bd. III. §. 566. c. pag. 327.

der Geburt bis zur ersten Brunst bei verschiedenen Thieren sehr verschieden ist [1]). Bei Meerschweinchen ist der erstgenannte Zeitraum im Verhältniss zu dem letzteren ungemein lang: er verhält sich dazu ungefähr wie 4:1, und daher mag der Einfluss des Wachsthums auch bei diesen Thieren ungewöhnlich deutlich hervortreten. Dass aber auch bei Menschen das Wachsthum von dem Eintritt der Pubertät bis zur Vollendung des Wachsthums noch ein Factor ist, der wohl Beachtung verdient, geht daraus hervor, dass nach Quetelet [2]) beim weiblichen Geschlecht vom 14. bis zum 20. Jahr die Länge des Körpers noch um circa 10 Ctm., das Gewicht um fast 16 Kilogrm. zunimmt, während nach Burdach [3]) sogar während derselben Zeit die Zunahme der Länge 10 bis 12 Zoll, diejenige des Gewichts circa 60 Pfund betragen soll. Freilich, wenn es richtig ist, dass bei Menschen während der Schwangerschaft das Wachsthum stillsteht, so muss hier jeder Einfluss desselben auf das Gewicht der Kinder gestrichen werden. Indess, wir haben gesehen, dass diese Annahme vorläufig noch keineswegs sicher gestellt ist, und es wird daher jedenfalls gestattet sein, die verschiedenen Beobachtungen, die sich eventuell aus dem Einfluss des Wachsthums erklären lassen, oder die zu demselben in Beziehung stehen könnten, zu beleuchten und also namentlich das, was wir von dem Gewicht der Neugeborenen wissen, einer Betrachtung zu unterziehen.

Zunächst sei hier auf Folgendes aufmerksam gemacht: Ganz junge Mädchen, wenn sie schwanger werden, abortiren häufig [4]). Es scheint demnach, dass sie nicht im Stande sind, so viel Bildungsmaterial zu erübrigen als nöthig ist, um die Ausbildung der Frucht bis zu Ende zu führen. Allerdings kommen hier vielleicht auch noch andere Verhältnisse in Betracht, z. B. in manchen Fällen die noch mangelhafte Entwickelung des Uterus; es lässt sich aber, bis weitere, genauere Untersuchungen darüber angestellt sind, wohl kaum die Behauptung widerlegen, dass auch das Eigenwachsthum der Mutter dabei seinen Einfluss übt. Es liegen freilich auch Beobachtungen vor, wonach auch von solchen jungen Müttern ausgetragene Kinder geboren wurden: in solchen Fällen wird es sich fragen, wie es sich mit der körperlichen Entwickelung der Mutter verhalten habe. Nach Burdach [5]) können wir ferner noch anführen, dass die Kinder einer zu jungen Mutter gewöhnlich schwächlich, die Eier junger Hühner klein sind und dass, wenn Kühe, Ziegen u. s. w. schon im zweiten Jahre sich begatten, schwächliche Junge erzeugt werden.

Was nun das Gewicht der Neugeborenen betrifft, so ist es bekannt, dass bei Menschen das Durchschnittsgewicht der aus der ersten Schwangerschaft entsprungenen Neugeborenen ein geringeres ist als das von solchen, die aus wiederholten Schwangerschaften hervorgegangen sind [6]). Die Ansichten über die Ursachen dieser Erscheinung sind bekanntlich verschieden; während

---

1) Burdach ebendaselbst.
2) Quetelet a. a. O. pag. 29 (Tabelle) und pag. 49 (Tabelle).
3) Burdach a. a. O. Bd. III. pag. 282. §. 555.
4) Burdach a. a O. Bd. III. §. 567 c. — Nägele a. a. O. §. 800. Anm. 3.
5) An der eben citirten Stelle.
6) Nägele a. a. O. §. 120. Anm. 1.

man früher, wie es scheint, allgemein annahm, dass die Gewichtszunahme der Neugeborenen mit der Wiederholung der Schwangerschaft als solcher zusammenhänge, stellte Duncan [1]) die Behauptung auf, dass dieses nicht der Fall, sondern dass die Gewichtszunahme direct und allein von dem Alter der Mutter abhängig sei. Hecker [2]) bestätigt die directe Abhängigkeit von dem Alter der Mutter, nimmt aber an, dass das Alter nicht der einzige Factor sei, sondern dass man daneben auch einen Einfluss von Seiten der Zahl der Schwangerschaften als solcher anerkennen müsse. Frankenhäuser [3]), der zuerst (1858) darauf aufmerksam gemacht hat, dass die Kinder von Erstgebärenden denen von Mehrgebärenden an Gewicht nachstehen, schliesst sich im Wesentlichen Hecker an, hebt aber noch als besonders bedeutsam für diesen Punkt hervor, dass bei Erstgebärenden die Schwangerschaftsdauer eine kürzere sei als bei Mehrgebärenden. Auch Duncan spricht nur von dem Einfluss des Alters der Mutter, nicht etwa von dem des Wachsthums; doch liegt gewissermassen implicite darin enthalten, dass es das Wachsthum ist, welches bewirkt, dass jüngere Mütter leichtere Kinder gebären als ältere; denn welcher andere Umstand sollte diesen Einfluss des Alters erklären?

Wenn man sagt, dass das Durchschnittsgewicht der aus der ersten Schwangerschaft entsprungenen Neugeborenen ein geringeres sei als das der aus wiederholten Schwangerschaften hervorgegangenen, so lässt das natürlich keinen Schluss auf den Einfluss des Wachsthums zu, da die Erstgebärenden zum grossen Theil schon ihr Wachsthum vollendet haben, und da, wenn wirklich ein solcher Einfluss vorhanden wäre, derselbe bei Vergleichung des Mittels aus den Gewichten der Kinder sämmtlicher Erstgebärender mit dem Mittelgewicht der Kinder Zweit- und Drittgebärender u. s. w. nur verdeckt werden kann. Will man diese Frage entscheiden, so wird es noch nicht einmal genügen, nach Duncan's Vorgang Altersgruppen zu machen, sondern man wird die Neugeborenen, zunächst von Erstgebärenden, genau nach den Jahren der Mutter ordnen und nun das Mittelgewicht der Kinder 15jähriger mit dem der Kinder 16-, 17-, 18jähriger u. s. f. vergleichen müssen. Dass auch dieses nur annähernd zum Ziele führen würde, ist klar: zu einer sichern Entscheidung der Frage würden genaue Beobachtungen der resp. Mütter und Bestimmungen darüber, ob sie ihr Wachsthum schon vollendet haben, oder ob dasselce noch fortschreitet und vielleicht auch während der Schwangerschaft noch fortschreitet, nothwendig sein.

Aus Duncan's Tafeln geht nun wenigstens das hervor, dass nicht nur das Gewicht der aus der ersten Schwangerschaft entsprungenen Neugeborenen geringer ist als das der aus späteren, sondern dass auch die ersten Kinder von Müttern von 15 bis 19 Jahren leichter sind als die ersten Kinder von

1) Duncan a. a. O. part. II. Zuerst veröffentlicht im Edinb. med. Journ. Decbr. 1864.
2) Monatsschr. f. Geburtskunde Bd. XXVI. pag. 348 ff. Die Hauptsätze Hecker's findet man bei Nägele a. a. O. §. 120. Anm. 1. sowie auch bei Duncan a. a. O. pag. 62.
3) Frankenhäuser. Ueber einige Verhältnisse, welche auf die intrauterine Entwicklung der Früchte Einfluss haben. Jenaische Zeitschr. für Medicin und Naturwissensch. Bd. III. Heft III.

älteren Müttern, und Duncan kommt zu dem Schluss [1]): The weight of the children of primiparae varies according to the law of the age of the mother. Allerdings sind die Unterschiede der Gewichte im Ganzen nicht bedeutend. Um so mehr würde es von Interesse sein, zu erfahren, ob das Wachsthum bei Menschen während der Schwangerschaft fortschreitet oder nicht.

Was die Dauer der ersten Schwangerschaft betrifft, so haben wir bei den Meerschweinchen nicht ermitteln können, ob sie kürzer sei als diejenige der folgenden. Bei diesen Thieren kann aber auch die Schwangerschaftsdauer für die Erklärung der geringeren Production bei der ersten Schwangerschaft nicht in Betracht kommen, da sich hier dieselbe nicht in geringerem Gewicht, sondern in der kleineren Zahl der Früchte äussert. Bei Menschen würden wir allerdings in der kürzeren Dauer der ersten Schwangerschaft [2]) eine genügende Erklärung für das geringere Gewicht der ersten Neugeborenen haben: es würde sich hier zunächst um die sichere Feststellung dieser Thatsache, dann aber auch um die Erklärung derselben handeln. Es liesse sich auch hier ein Einfluss des Wachsthums der Schwangeren denken, namentlich, wenn man diese Thatsache mit dem Abort in Folge zu grosser Jugend der Mutter zusammenhält. Leider giebt Frankenhäuser Nichts über das Alter der Erstgebärenden, bei denen er die kürzere Schwangerschaftsdauer constatirte, so dass es nicht möglich ist, auch nur eine Vermuthung nach der einen oder andern Richtung sich zu bilden. Hält man die Frage für wichtig genug, um eine Entscheidung zu versuchen, so wird man nicht allein der Verschiedenheit der Schwangerschaftsdauer bei Erst- und Mehrgebärenden, sondern auch bei jungen und alten Erstgebärenden nachzuforschen haben und zwar, wo möglich, wieder, indem man sie nach den einzelnen Jahren ordnet.

Zum Schluss muss ich noch auf einen Punkt aufmerksam machen, den ich hier nicht eingehender behandeln kann, der aber gewiss nicht ohne Interesse ist: Wir haben gesehen, dass das wirkliche Wachsthum der Weibchen während der Schwangerschaft langsamer von Statten geht, als dass der Männchen während derselben Zeit, dass also das Eigengewicht des Weibchens nach der Entbindung geringer ist als dasjenige des gleichalterigen Männchens. Betrachten wir aber das Gewicht das Weibchens am Ende der Schwangerschaft eben vor der Entbindung, oder addiren wir auch nur, um die Eiflüssigkeiten zu eliminiren, zu dem Gewicht des entbundenen Weibchens dasjenige der neugeborenen Jungen hinzu, so erhalten wir ein beträchtlich höheres Gewicht für das Weibchen als für das gleichalterige Männchen. Nach dieser Berechnung ergiebt sich für 7 Weibchen ein Gewicht von 5110,2, also für jedes 720,3 Grm., für die 7 zugehörigen Männchen 4379,3, also für jedes 625,6 Grm., und die Männchen verhalten sich zu den Weibchen im Mittel wie 1:1,164, während das Verhältniss nach der Entbindung nach Tab. VII. sich wie 1:0,848 ergab. (Es ist hier nur von der ersten Schwangerschaft die Rede.) — Wir sehen also, dass das Weibchen für Wachsthum plus Zeugung ein viel grösseres Material aufgebracht hat

---

1) Duncan a. a. O. pag. 47.
2) Frankenhäuser a. a. O. pag. 185.

als das Männchen, und es scheint demnach, als ob die Anwesenheit der Embryonen in utero eine verstärkte Resorption zu bewirken im Stande ist.

Endlich habe ich nur noch Folgendes zu bemerken: Ich bin selbst überzeugt, dass mein Material nicht gross genug ist, um die berührten Fragen auch nur für die Meerschweinchen als entschieden ansehen zu dürfen; wenn ich dennoch mit einiger Bestimmtheit meine Behauptungen aufgestellt habe, so habe ich damit nur sagen wollen, dass ich für d i e s e Zahl von Beobachtungen mich berechtigt hielt, einige Schlüsse als sicher hinzustellen, und man wird zugeben müssen, dass das durchweg übereinstimmende Verhalten der verschiedenen Thiere für die Richtigkeit derselben zu sprechen scheint. Trotzdem verhehle ich mir nicht, dass eine grössere Zahl von Beobachtungen diese Schlüsse vielleicht zum Theil widerlegen, zum Theil modificiren wird. So schön nun auch nach dem Vorstehenden die Wirklichkeit mit der Theorie in Einklang zu stehen scheint, so soll es mich doch nicht verdriessen, wenn spätere, umfangreichere Untersuchungen einen Theil der obigen Schlüsse als unrichtig erweisen sollten, und es würde mir genug sein, wenn diese kleine Arbeit auch weiter nichts erzielte, als die Blicke auf ein Gebiet hinzulenken, welches, so wenig es bis jetzt bearbeitet ist, doch gewiss volle Beachtung verdient.

Anhang zur Arbeit von Dr. Edlefsen

von

Dr. Hensen.

Hierzu Tafel V.

Ueber die Gründe, welche die Schnelligkeit des Wachsthums junger Meerschweinchen beschränken, giebt die Untersuchung trächtiger wachsender Thiere in so fern einen Aufschluss, als sie lehrt, dass es nicht eine Beschränkung des Verdauungsvermögens ist, welche der Wachsthums-Schnelligkeit Gränzen setzt, sondern dass dies Vermögen im Gegentheil für ein doppelt so grosses Wachsthum ausreichen würde. Wenn man die Gewichtszunahme der jungen Böcke mit belegten Weibchen vergleichbar hält, erweist sich das schon genügend aus der Arbeit von Dr. Edlefsen, jedoch wir konnten nicht wissen ob etwa unbelegte Weibchen proportional rascher wachsen würden, wie Böcke. Edlefsen begann eine dahin gehende Untersuchung, an deren Vollendung er verhindert ward und die ich daher fortgesetzt habe.

Es handelt sich darum, die Gewichtszunahme möglichst gleicher Thiere, natürlich desselben Wurfs, zu untersuchen; und zwar die Gewichtszunahme eines Bocks, eines nicht belegten, und eines belegten Weibchens zu vergleichen. Wir hatten dazu zwei Würfe ausgewählt, in dem einen abortirte jedoch das belegte Thier und starb wenige Tage darauf; das unbelegte Weibchen war im Anfang schwerer wie der Bock und zwar

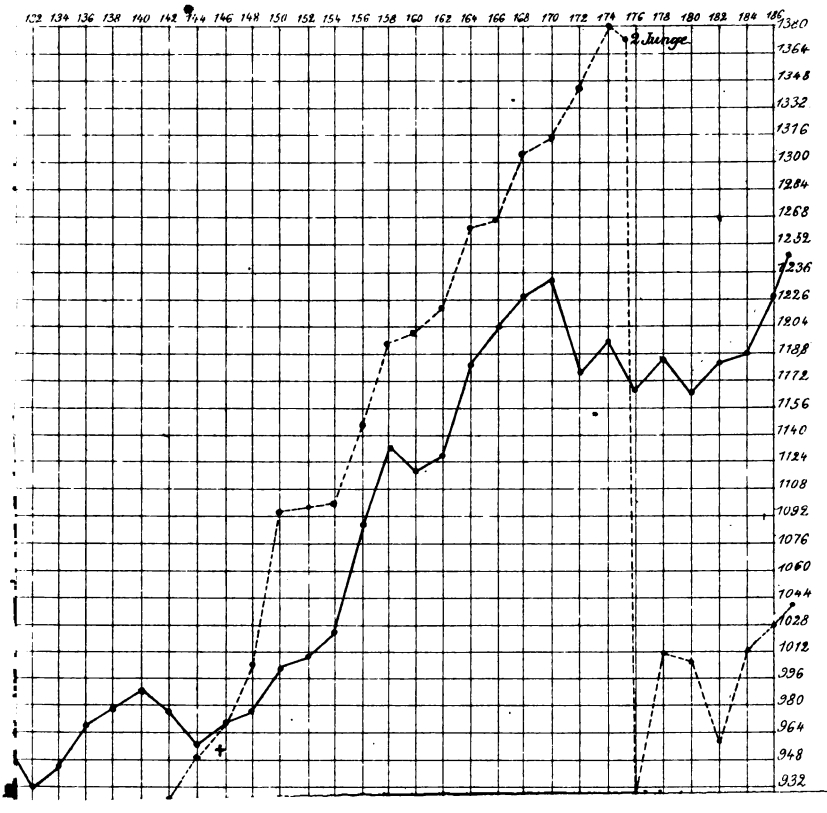
	♀	♂	
Bei der Geburt	89 Grm.	73	wie 1 : 0,82
nach 127 Tagen	658 „	650	wie 1 : 0,976

ward also allmählich von dem Männchen im Wachsthum überholt.

Die Thiere des zweiten Wurfs wogen:

	belegtes ♀ (Grm.)	unbel. ♀ (Grm.)	unbel. ♀ (Grm.)	♂ (Grm.)	
1. Tag der Geburt	59	63	57	59	wie 1 : 1,578 : 0,966 : 1
51. Tag, belegt	211	220	207	228	wie 1 : 1,0427 : 0,981 : 1,08
117. Tag, gleich nach d. Gebären	435	468	407	582	wie 1 : 1,080 : 0,94 : 1,84

Gewicht vor dem Wurf war 612 Grm. Gewicht der beiden Jungen (78 und 83) 161 Grm., danach das Gewicht der Eitheile 16 Grm. Dies ist zu wenig, es hätten 35 Grm. sein sollen; da nun die Jungen, ehe sie gewogen waren, bereits gesogen hatten, ziehe ich von ihrem Gewicht 15 Grm. ab, bleiben Gew. d. Jungen: 146 Grm. Das Gewicht der Mutter ist nemlich, wie


132 134 136 138 140 142 144 146 148 150 152 154 156 158 160 162 164 166 168 170 172 174 176 178 180 182 184 186
1380
1364
1348
1332
1316
1300
1284
1268
1252
1236
1220
1204
1188
1172
1156
1140
1124
1108
1092
1076
1060
1044
1028
1012
996
980
964
948
932
2 Junge

die vorhergehenden und nachfolgenden Wägungen ergaben, richtig und nicht durch eine ungewöhnliche Mahlzeit alterirt gewesen.

Das Verhältniss, welches ich demonstriren wollte, tritt in unserem Fall besonders klar zu tage. Wir sehen, dass die Böcke keineswegs langsamer wachsen wie die unbelegten Weibchen, dass dagegen die belegten Weibchen, die Jungen eingerechnet, ungleich mehr Körpersubstanz bilden, wie die anderen im besten Wachsen begriffenen Thiere.

Um nun den Fleischansatz genauer zu finden, gehe ich nicht vom Tage des Belegtwerdens aus (von hier aus gerechnet beträgt die Zunahme der Mutter 224 Grm.), sondern von dem Tage wo das Gewicht der Jungen merklich zu werden beginnt. Diese wiegen am 29. Tag 1,2 Grm., das ganze Ei 3 Grm., ich rechne also vom 28. Tage an. Die Mutter wog an diesem Tage 335 Grm, sie selbst nahm also in 39 Tagen an Gewicht zu um 100 Grm. und erzeugte an Substanz der Jungen 146 Grm., das ist 1,46 mal mehr wie sie selbst ansetzte.

Allerdings würde das Thier in nicht trächtigem Zustande für sich selbst mehr angesetzt haben, aber doch nicht so sehr viel mehr wie der obige Vergleich mit den anderen gleichalterigen Thieren ergiebt; übrigens würde der Zuwachs an foetaler Masse noch weit bedeutender ausfallen, wenn man die letzten Perioden der Trächtigkeit allein berücksichtigen will.

Ich glaube demnach den Nachweis geliefert zu haben, dass der Darmkanal auch zur Zeit des Wachsthums dieser Thiere sehr bedeutend mehr Stoff bewältigen kann, als das Thier selbst zu verwenden im Stande ist. Es entsteht die Frage, weshalb es dennoch im nicht trächtigen Zustande nur so langsam wächst?

Man wird hier wohl daran zu denken haben, dass der Foetus dazu beiträgt das Blut von den resorbirten Stoffen zu entleeren und demnach die stärkere Resorption befördert, ferner daran, dass die Neubildung der Gewebe eine grosse Arbeit und lange Zeit erfordert. Für diese Umstände giebt die Untersuchung jedoch keine Belege und sehe ich deshalb von einer weiteren Verfolgung derselben ab.

Um einigermassen das Gesammtwachsthum des Meerschweinchens übersehen zu können, habe ich die Gewichte einiger Foetus genommen, dieselben sind [1]):

	16 Tage (Grm.)	21 Tage (Grm.)	29 Tage (Grm.)	36 Tage (Grm.	43 Tage (Grm.)	50 Tage (Grm.)	59 Tage (Grm.)	64 T. (Grm.)	67 T. (Grm.)
	0,010	0,107	1,17	3,67	12,46	27,575	82,75	99,4	
		0,120	1,145	4,40	12,44	25,91	65,0	81,5	
		0,140	1,390	3,18	12,165	25,30	60,0	75,0	
				3,375	11,239	26,6	55,0	80	
						24,4			131
						25,9			Thieren
Mittel	0,010	0,1223	1,235	3,656	12,076	25,392	65,687	83,995	87,2
87,2=100	0,0114	0,140	1,417	4,193	13,85	29,11	75,33	96,3	100

1) Die unter einer Klammer stehenden Zahlen gehören Eiern an, welche demselben Uterus entnommen sind.

Ich habe nun ferner das Gewicht eines neugeborenen Thieres auf 100 Grm. Anfangsgewicht umgerechnet und dessen Wachsthumscurve an diejenige des Foetus angeschlossen (Taf. V unten links). Man ersieht aus dieser Curve, dass auffallender Weise das Thier nach der Geburt nahezu ebenso rasch oder sogar rascher zu wachsen fortfährt, wie im Mutterleibe, ein Verhalten, welches ich wenigstens nicht erwartet hatte.

Dicht vor der Geburt scheint das Wachsthum stille zu stehen, dies würde noch deshalb von besonderem Interesse sein, weil auch die Gewichtszunahme der Mutter, wie aus derselben Tabelle zu ersehen, einige (5—2) Tage vor der Geburt aufhört, in der Regel sogar Verminderung des Gewichts eintritt. Leider haben meine Zahlen von den Foetus grade an diesem Punkte so gut wie gar keine Wahrscheinlichkeit für sich, die Bestimmungen sind so wenig zahlreich, die Geburtsgewichte so verschieden, dass es grade hier reiner Zufall wäre, wenn die Curve richtig verliefe. Es wäre jedoch der Mühe wohl werth, die durch diese Curve aufgeworfene Frage, wie der Foetus in der letzten Zeit vor der Geburt wachse, zu lösen.

Die Hauptcurve, welche rechts unten fortgeführt worden ist, zeigt das Wachsthum zweier Thiere desselben Wurfs (Weibchen Nr. 7 und Männchen Nr. 8) von der Geburt an bis zu vollendeter Grösse auf das Anfangsgewicht 100 reducirt. Die Curve spricht, glaube ich, für sich selbst. Erwähnt soll nur werden, dass die Unregelmässigkeiten, welche durch die Fütterung hervorgebracht sind, sich durch die beiden Curven gemeinsamen Schwankungen verrathen. Uebrigens wurden die Thiere gut besorgt, standen auch für sich selber ein, da sie jeden an ihrer Thür Vorübergehenden energisch zu Hülfe riefen, wenn ihre gewohnte Lebensweise gestört ward. Einige Schwankungen kommen daher, dass zuweilen mit Futter gewechselt werden muss, weil die alte Nahrung nicht mehr behagt; es wird alsdann in der ersten Zeit besonders viel genossen.

Notizen zur Chemie des Harns

von

C. Dähnhardt,
Dr. med.

Cloetta [1]) hat bekanntlich in der Ochsenniere das Vorkommen von Cystin, Taurin und Inosit nachgewiesen und obgleich er gleichzeitig den Ochsenharn auf diese Körper untersuchte, so konnte er dieselben doch darin nicht auffinden. Spätere Untersuchungen über diesen Gegenstand scheinen nicht gemacht zu sein, wenigstens sind mir solche in der Literatur nicht begegnet. Es wird nur angegeben, dass in einzelnen pathologischen Fällen im menschlichen Harn jene Körper auftraten, so Cystin in Harnsteinen und Sedimenten Taurin bei Icterus—Inosit bei Morbus Brightii und Diabetes. Es musste deshalb unverständlich bleiben, warum diese Körper, welche schwerlich eine weitere Verwendung im Organismus finden dürften, im Secret der Niere, deren specifische Thätigkeit grade sie zum Theil beweisen, normaler Weise nicht vorhanden sind.

Mehr zu meiner eigenen Belehrung hatte ich mir Ochsenharn verschafft, als ich wiederum namentlich auch durch Kühne's Lehrbuch aufmerksam und angeregt wurde demselben nachzuforschen.

Das Nichtvorhandensein dieser Körper schien mir überdies durch die vorliegende Untersuchung von Cloetta nicht genügend constatirt zu sein, da derselbe nur einmal und zwar 10 Pfd. Rinderharn einer Untersuchung unterwarf. Wie ich mich überzeugt habe, beträgt die Quantität Harn, welche ein Ochse auf einmal secernirt, gewöhnlich mehrere Liter, ich habe zuweilen über 8 Liter auf einmal erhalten; schon daraus ergiebt sich, dass derselbe sehr diluirt sein muss, was er in der That auch wohl meistens ist, und man darf nicht erwarten in kleinen Mengen mehr als Spuren dieser Körper, welche der Darstellung leicht entgehen können, zu finden.

Ich verwandte zur Untersuchung eben gelassenen Harn von kräftigen Ochsen, welche zur Mästung mit dem besten Futter versehen waren.

Bemerken will ich noch, dass der Harn klar war und saure Reaction besass; es ist dies der gewöhnlichen Anschauung entgegen, welche den Rinderharn stets trübe und alkalisch reagirend schildert.

1) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. XXIII.

Circa 18 Pfd. wurden zur Untersuchung verwandt, welche ungefähr bis zu $^1/_3$ des Volums eingedampft und alsdann zur Darstellung von Taurin mit Bleiessig gefällt wurden. Hierauf folgte Entbleiung der Lösung mittelst Schwefelwasserstoff, Filtration und Concentration. Die jetzt erhaltene Lösung wurde nach Cloetta's Vorgang zur Entfernung der essigsauren Alkalien mit Schwefelsäure versetzt und darauf Alkohol hinzugethan, die überschüssige Schwefelsäure mit Barythydrat vorsichtig ausgefällt und endlich das Filtrat soweit concentrirt bis Alkohol eine Trübung verursachte. Beim Stehen über Schwefelsäure schieden sich nun Krystalle aus, welche mikroskopisch in ihrer Form ovalen Blutkörperchen glichen. Beim Umkrystalisiren. erhielt ich feine, glänzende, säulenförmige Krystalle, die noch etwas gefärbt waren.

Dieselben erwiesen sich zwischen Filtrirpapier getrocknet als luftbeständig, ihre Lösung reagirte vollkommen neutral, sie lösten sich leicht in warmen, schwerer schon in kaltem Wasser; weder salpetersaures Silberoxyd noch Quecksilberoxyd und Quecksilberchlorid brachten eine Fällung hervor. Die Krystallmasse auf dem Platinblech oder in der Glasröhre stark erhitzt, schmolz und verkohlte unter starkem Aufblähen. Nachdem die Substanz frei von Schwefelsäure erfunden, wurde durch Glühen mit Aetzkali und salpetersaurem Natron nach bekannter Weise auf etwaigen Schwefelgehalt geprüft und derselbe auch constatirt, nachdem der vorher versuchte directe Nachweis durch Kochen mit Kalilauge ein negatives Resultat ergeben hatte. Um die fragliche Substanz einer weitern Prüfung (Elementaranalyse) zu unterwerfen, war die Menge (circa 1—2 Decigrm.) zu klein, doch dürften die obengenannten Eigenschaften, namentlich die Nichtfällbarkeit durch Metalle und der Schwefelgehalt vollkommen genügen dieselbe als Taurin anzusprechen.

Ebenfalls reichlich 16 Pfd. Harn wurden zur Darstellung von Inosit verwandt.

Der Harn wurde auch hier wieder concentrirt, alsdann Bleizucker zugefügt und dem erwärmten Filtrat so lange Bleiessig zugefügt bis noch Fällung entstand, derselbe dann in Wasser suspendirt und mit Schwefelwasserstoff zerlegt. Nachdem das Filtrat genügend eingedampft war, erfolgte eine ziemlich reichliche Ausscheidung von Harnsäure in schönen farblosen Krystallen.

Von diesen getrennt wurde weiter eingedampft, bis durch Alkohol bleibende Trübung entstand. Die ausgeschiedene Masse wurde in wenig heissem Wasser gelöst und mit Aether und Alkohol gefällt. Beim Umkrystallisiren über Schwefelsäure bildeten sich mikroskopisch kleine aber wohl ausgebildete Krystalle (Rhomboeder), die vollständig identisch den Formen waren, welche Funke und Kühne in ihren Abbildungen vom Inosit geben.

Die Lösung derselbe löste Kupferoxydhydrat, reducirte dagegen Kupferoxyd nicht, während nach der Behandlung mit concentrirter Salpetersäure durch Schwefelsäure ein weisser Niederschlag entstand, der Kupferoxyd in energischer Weise reducirte.

Die Scherer'sche Inositprobe wurde zu vielen Malen angestellt und gab stets die rosarothe Färbung. Die erhaltene Menge Inosit war klein (circa

1 Decigrm.), doch konnte aus einer gleichen Menge Harn nochmals eine ebenso grosse Quantität erhalten werden.

Die Darstellungsmethode (Bildung von Inosit-Bleioxyd) sowie die nicht zweifelhafte Bildung von Nitroinosit und die übrigen charakteristischen Reactionen dürften mich auch hier vollkommen berechtigen, die erhaltene Substanz als Inosit zu betrachten.

Um über das Vorkommen von Cystin Aufklärung zu erhalten, wurde jedes Mal der im concentrirten Harn entstandene Niederschlag untersucht; jedes Mal aber vergeblich, ebenso wie weitere 30 Pfd. Harn, die stark eingedampft und mit Essigsäure versetzt wurden, ein absolut negatives Resultat ergaben.

Das Nichtvorhandensein des Cystin stimmt insofern mit den von Cloetta gefundenen Resultaten, als er einmal allerdings deutlich Cystin in der Niere nachweisen konnte, ein andres Mal nicht; in diesem Falle aber Taurin.

Weniger wichtig erschien es mir den Rinderharn ebenfalls eingehender auf die übrigen im Nierensafte gefundenen Körper zu untersuchen. Beiläufig konnte jedoch der Befund Brücke's und Meissner's [1]) im Betreff des Vorkommens der Harnsäure im Rinderharn, der alten Anschauung entgegen, stets bei jeder darauf hinzielenden Prüfung bestätigt werden. Nach Zufügen weniger Säure krystallisirte stets Harnsäure aus, namentlich in verhältnissmässig grösserer Menge wurde dieselbe, wie schon oben erwähnt, bei der Darstellung des Inosits gewonnen.

Ebenso wurde gelegentlich der Harn auf einen Hypoxanthin-Gehalt geprüft. Aus dem erhaltenen Kupferniederschlag konnte nach der Zersetzung mittelst Schwefelwasserstoff und Abdampfen der filtrirten wässerigen Lösung (mithin Guanin auszuschliessen) ein Rückstand erhalten werden, der mit Salpetersäure und Kalilauge in bekannter Weise behandelt, jene rothe Färbung gab.

Die erhaltene Menge war aber so gering, dass eine weitere Behandlung hoffnungslos erschien, wollte man nicht enorme Quantitäten Harn verarbeiten.

Das Vorkommen des Hypoxanthin, der niedriger oxydirten Glieder der xanthinartigen Körper im Harn in irgendwie beträchtlicher Menge scheint überall sehr von Umständen abhängig, wie dies für das Sauerstoff reichere Glied der Harnsäure bereits genügend eruirt ist, sowohl für den gesunden wie kranken Organismus.

So finden wir auch im normalen menschlichen Harn kaum darstellbare Mengen, während, wenn ich hier speciell an das Hypoxanthin denke, dasselbe bei der Leukämie in grösserer Menge auftritt, dann aber auch, was wohl zu beachten ist im Blute (Scherer), vielleicht wegen mangelhafter Oxydationsprocesse zu denen der bei dieser Krankheit geringere Gehalt des Blutes an Hämoglobulin Veranlassung sein könnte.

Meissner betrachtet in der oben citirten Abhandlung die xanthinartigen Körper gewiss mit vollem Recht als Hemmungsbildungen, ja dem Harnstoff gegenüber als Reste, welche abhängig sind von den Oxydationsprocessen in

---

1) Meissner: Beiträge zur Kenntniss des Stoffwechsels im thierischen Organismus. Zeitschrift für rationelle Medicin 1868, pag. 344.

den Mutterstoffen und nach ihm unter gewissen Umständen auch gar nicht übrig bleiben [1]).

Im normalen Organismus sind diese Reste gering, doch andrerseits nach den vorliegenden Erfahrungen constant und ihr Vorkommeu erstreckt sich, wie dieses auch von Meissner hervorgehoben wird, auf die meisten Gewebe und Organe. Meissner fügt noch hinzu: „in der That mit einigen ganz bestimmten Ausnahmen." Bei seiner Aufzählung der xanthinartige Körper enthaltenden Organe findet auffallender Weise die Niere keine Berücksichtigung und es könnte demnach fast erscheinen dass diese eine von jenen Ausnahmen mache.

Ich finde jedoch, dass Cloetta schon Xanthin oder Hypoxanthin (er spricht sich darüber nicht entschieden aus) als Bestandtheile des Nierensaftes gefunden hat, wie ich denn auch ferner sehe, dass Kühne in seinem Lehrbuch [2]) das Vorkommen des Xanthin und Hypoxanthin nach Städeler und Cloetta in der Ochsenniere, nach Neukomm in der menschlichen erwähnt.

Ausserdem ist neuerdings von Neubauer aus normalem menschlichen Harn Xanthin dargestellt, freilich in äusserst geringen Mengen (aus 600 Pfd. ungefähr 1 Grm.), so dass mir die Annahme gerechtfertigt erscheint, auch die Niere besitze jene Hemmungsbildung; denn anzunnehmen, dass jene Stoffe in die Niere eingeführt und abgelagert werden, dürfte kaum erlaubt sein; namentlich da wir die in weit grösserer Menge im Harne erscheinende Harnsäure, für welche die Löslichkeitsverhältnisse durchaus nicht günstiger erscheinen, keineswegs als constanten Bestandtheil des Nierengewebes vorfinden. Der Meissner'schen Anschauung gemäss ist die Harnsäure bekanntlich nicht als Product der Nierenthätigkeit anzusehen.

Betrachten wir nun überall die mit andern Organen auch der Nierensubstanz zukommenden eigenthümlichen Producte [3]), so haben wir einmal jene schon genannten stickstoffhaltigen Körper:

Das Hypoxanthin und das Xanthin, welchen Meissner mit Recht das Allantoin anreiht, und das er, wenn ich ihn recht verstehe, als normalen Bestandtheil des Harns ansieht. Meissner konnte dasselbe bei Carnivoren (Hunden, Katzen,) und Herbivoren (Kaninchen) nachweisen.

An diese Körper liesse sich einmal vielleicht noch die Oxalsäure anschliessen, ebenfalls ein constanter Bestandtheil des Harns [4]), wenigstens insofern als man sich dieselbe aus dem Allantoin entstanden denken könnte, womit sie gleichzeitig Veranlassung zur Bildung eines Theils des im normalen und frischen Harn nachzuweisenden Ammoniakgehalts werden könnte. Andrerseits etwa noch das Kreatin, welches von Hermann und Kühne als normaler Bestandtheil des Nierengewebes nachgewiesen ist [5]), insofern seine Umwandlungsproducte den obigen Körpern in chemischer Beziehung nahe stehen.

---

1) Es ist hier nicht der Ort, weiter auf die Meissner'schen Anschauungen einzugehen; daher Näheres in der citirten Schrift nachzusehen.

2) Die Originalarbeiten standen mir nicht zu Gebote.

3) Ich berücksichtige hier diejenigen nicht, welche nur bei ganz bestimmten Thieren vorkommen, wie z. B. die Kynurensäure und das Guanin.

4) Kühne, Lehrbuch, p. 493.

5) Kühne, Lehrbuch, p. 463.

Wir haben ferner die schwefelhaltigen Körper das Cystin und Taurin, von welchen letzteres bisher nur im normalen Harn nachgewiesen, das Cystin aber unter Umständen auftreten kann.

Cloetta sagt schon (l. c.) mit Recht: „Es scheint, dass das Cystin im Niederschlage (des Nierenextractes) nicht constant vorkommt und dass es in diesen Fällen durch das Taurin ersetzt wird, was bei der Aehnlichkeit beider Körper in Bezug auf elementare Zusammensetzung nicht unwahrscheinlich ist."

Die Betrachtung der Formeln ergibt, dass es sich nur um eine Oxydation handelt, um das Cystin in Taurin überzuführen

$$\underbrace{C_3H_7NSO_2}_{\text{Cystin.}} + {}_3O = \underbrace{C_2H_7NSO_3}_{\text{Taurin.}} + CO_2$$

Damit wäre gleichzeitig eine zweite Bildung des Taurins neben der aus Taurocholsäure gegeben. Das Cystin liesse sich nach Cramer [1]) aber wiederum von Serin ableiten durch Substituirung von 1 Sauerstoffatom durch 1 Schwefelatom.

$$N\left\{\begin{matrix} H_2 \\ C_3H_3O \\ H_2 \end{matrix}\right\}O_2 - N\left\{\begin{matrix} H_2 \\ C_3H_3S \\ H_2 \end{matrix}\right\}O_2$$

Serin. Cystin.

Das Serin lässt sich entstanden denken durch Oxydation aus dem Sarkosin; dieses bildet sich aber neben Harnstoff durch Wasseraufnahme aus dem Kreatin, für welche Umsetzung der leichteren Uebersicht halber die empirischen Formeln hier einen Platz finden mögen:

$$\underbrace{C_3H_7NO_2}_{\text{Sarkosin.}} + O = \underbrace{C_3H_7NO_3}_{\text{Serin.}}$$

$$\underbrace{C_4H_9N_3O_2}_{\text{Kreatin.}} + H_2O = \underbrace{C_3H_7NO_2}_{\text{Sarkosin.}} + \underbrace{CH_4N_2O}_{\text{Harnstoff.}}$$

Daraus würde zunächst hervorgehen: Das Monamid der Isäthionsäure und das Diamid der Kohlensäure könnten aus einem Körper, dem Kreatin, entstehen, das erstere indirect, das letztere direct; weiter aber würde erhellen, dass auch diese schwefelhaltigen Körper Cystin und Taurin zu der vorigen Gruppe von Körpern in verwandtschaftlicher Beziehung ständen, womit nicht behauptet werden soll, dass sie sich nun auch wirklich nach oben angegebener Weise im Organismus bilden.

Meissner führt am obengenannten Orte aus, dass es nach den vielfach in neuerer Zeit gemachten Angaben dennoch grundlos sei anzunehmen, dass sich im Organismus Harnstoff aus Kreatin bilde. Meissner mag recht haben, dennoch ist es nicht wohl möglich über di[illegible] Punkt wie überall über derartige zunächst theoretisch gewonnene Umsetzungsweisen der physiologisch wichtigen Körper ein endgültiges Urtheil abzugeben; manches Mittelglied existirt vielleicht im Organismus, welches der Darstellung bis jetzt entgangen.

1) Cramer: Untersuchung der Seide und des thierischen Schleims. Dissert. Zürich, 1863.

Schliesslich haben wir noch ein Kohlenhydrat, den Inosit, der auf's engste dem Traubenzucker verwandt ist und gewiss leicht aus demselben sich bilden wird, da es sich nur um eine Wasseraufnahme handelt. In der That zeigt sich auch Traubenzucker als normaler Bestandtheil des Harns sowohl der Carni- als Herbivoren (Brücke-Kühne). Derselbe kann allerdings als Filtrationsproduct aufgefasst werden, da er sich ebenfalls im Blut nachweisen lässt; dass aber Inosit und Traubenzucker in einander übergehen können hat sich beim Diabetes gezeigt, bei welcher Krankheit diese Körper alternirend aufzutreten vermögen (Vohl [1]).

Erwähnt ist endlich noch nicht das Leucin, welches neuerdings auch als normaler Bestandtheil des Nierensaftes angesehen wird [2]). Dasselbe ist noch nicht im normalen Harn gefunden und dürfte, da es immerhin ein gefährlicher Körper in Betreff seiner Entstehung ist, weitere Bestätigung abzuwarten sein; andererseits soll durchaus nicht geleugnet werden, dass es sich selbst oder eines seiner Zersetzungsproducte im Harn wiederfindet.

An alle die in dem Nierensafte vorkommenden Körper richtet man die Forderung, dass dieselben auch als Bestandtheil des Harns wieder erscheinen. Diese Forderung kann aber, wie sich das schon aus dem oben Erwähnten ergibt, keine unbedingte sein. Ja theoretisch streng genommenen könnten wir annehmen, dass nicht einmal ein Repräsentant jeder der Hauptgruppen sich im Harne finde. Für die xanthinartigen Körper kennen wir als weiteres Oxydationsproduct den Harnstoff, der ja sogar noch weiter zu kohlensaurem Ammoniak und Wasser zerfallen könnte. Wir kennen im Harne die Schwefelsäure, sie könnte als Zersetzungsproduct der schwefelhaltigen Körper aufgefasst werden. Gegen die Zersetzung der Kohlenhydrate zu Kohlensäure und Wasser wäre ebenfalls kaum etwas einzuwenden; wir haben beide im Harn.

Wir wissen nun freilich, dass der Organismus nicht im Stande ist die Producte seiner Thätigkeit vollständig zu zersetzen. Gewiss aber haben wir im Organismus Plätze, die dem Verbrennungsprocesse mehr oder weniger günstig sind. Meissner (l. c.) betrachtet mit Recht die Leber als einen Ort, in dem der Stoffwechsel ein sehr reger ist. Nach seiner Ansicht würde in ihr der grösste Theil der $\dot{U}$ respective der $\bar{U}$ gebildet. Ich möchte der Leber die Niere als einen Ort gegenüber stellen, in welchem die Stoffwechselprocesse nicht so lebhaft sind [3]) und suche den Grund dafür in der, wenn ich mich so ausdrücken darf, mehr mechanischen Aufgabe der Niere.

Ihre Hauptthätigkeit ist die Filtration und es erscheint mir leicht verständlich, dass in einem solchen fortwährend der Auswaschung ausgesetzten Organe die noch nicht zu Ende geführten Verbrennungsproducte in Lösung übergehen und fortgespült werden.

Daher finden wir denn auch im Harne die Körper wie sie im Nieren-

---

1) Archiv f. physiologische Heilkunde. N. F. Bd. 2. 1858.

2) Radziejewsky, das Vorkommen von Leucin und Tyrosin im normalen Körper. Virchow's Archiv, 1866.

3) Für diese Anschauung scheint auch der Umstand zu sprechen, dass die höher oxydirten Körper Harnsäure und Harnstoff sich nicht in der Nierensubstanz selbst vorfinden, wenigstens durchaus nicht constant.

gewebe vorhanden sind wieder vor. Die Hauptmasse derselben Körper, die in den übrigen Organen zusammen enthalten sind, werden auf ihrem weiten Wege zur Niere hin weiter zersetzt, um als andre Körper sei es als Harnstoff, Harnsäure etc., im Harne wieder zu erscheinen. Für den letzten Umstand scheinen mir auch pathologische Erfahrungen zu sprechen. Schon oben wurde erwähnt, dass bei der Leukämie Hypoxanthin in grösserer Menge auftritt. Es hat ferner Bartels [1]), gestützt auf zahlreiche Untersuchungen, nachgewiesen, „dass eine Steigerung der Harnsäureausscheidung ohne gleichzeitige Steigerung der Harnstoffausscheidung unter allen Umständen Folge einer unvollständigen Oxydation der Körpersubstanz sei."

Ich verkenne nicht, dass meiner obigen Darstellung manche Lücke anhängen mag, so unter andern der Nachweis des Taurins und Inosits im Harne der Fleischfresser.

Von Cloetta ist bereits Inosit in der menschlichen Niere gefunden; bestätigt sich das, so wäre kaum zu bezweifeln, dass es sich auch im Harne fände; denn Cloetta's negativer Befund bei der Untersuchung von 4 Pfd. Menschenharn kann nichts beweisen.

---

1) Bartels: Untersuchungen über die Ursachen einer gesteigerten Harnsäure-Ausscheidung in Krankheiten. Deutsch. Archiv f. klin. Medicin, Heft I.

Zur Glycogenbildung in der Leber

von

C. Dähnhardt,

Dr. med.

In Virchow's Archiv, Band 11 vom Jahr 1857, in welchem Hensen seine mit Claude Bernard gleichzeitig gemachte Entdeckung des Glycogens veröffentlicht, sagt derselbe, nachdem er das Glycogen beschrieben: „Ausser dieser löslichen Substanz findet sich noch eine unlösliche, Zucker bildende Substanz in der Leber. Dies findet sich leicht an solchen Lebern, welche gar kein lösliches Glycogen enthalten; denn durch Speichel und kochende Salzsäure kann man aus ihnen Zucker erhalten."

Diesem Verhalten der Lebersubstanz scheint später niemals weiter nachgeforscht zu sein. Die einzige Notiz, welche ich darüber habe entdecken können, findet sich im Lehrbuch der physiologischen Chemie von Gorup-Besanez, welcher nur bemerkt, dass die Existenz eines in Wasser unlöslichen Zucker bildenden Körpers als nicht chemisch erwiesen zu betrachten sei.

Zugegeben, dass die Angabe wie sie Hensen gemacht nicht genügen konnte, so erscheint es doch auffällig, dass man auf diesen Punkt durchaus nicht weiter eingegangen ist. Bestätigte sich die Angabe Hensen's, so war dieses Verhalten der Leber ein interessantes, ja man durfte vielleicht hoffen, dadurch auf chemischem Wege der Bildung des Glycogens näher zu kommen: man konnte in diesem fraglichen Körper eine Vorstufe des Glycogens vermuthen. Aus solchen Gesichtspunkten nahm ich, aufgefordert von Professor Hensen, die Sache wieder in die Hand. Zuerst galt es natürlich, das oben von ihm angegebene Verhalten der Lebersubstanz in weiterem Maasse zu constatiren.

Es war dies sehr leicht; wurde der von Glycogen befreiten Lebersubstanz Speichel hinzugefügt, — es geschah dies meistens bei gewöhnlicher Temperatur, doch schien gelinde Erwärmung bis zu 30° C. die Fermentwirkung zu beschleunigen, so war nach kurzer Zeit (5—10 Minuten) Zucker gebildet, zu dessen Nachweis ich meistens die Trommer'sche Probe verwandte, während ich jedoch auch zu weiterer Bestätigung das Kalisacharat darstellte.

Anders verhielt sich dagegen die Glycogen-freie Lebersubstanz, wenn sie mit Säuren (verdünnte Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure) gekocht

wurde; in diesem Falle nämlich erhielt ich, der Hensen'schen Angabe entgegen, keinen Zucker.

Unerwähnt darf ich jedoch nicht lassen, dass ich bei den ersten Prüfungen auf diesen Punkt auch durch Einwirkung von Säuren Zuckerbildung erhielt, gleichzeitig damit aber bekam ich aus der nach meiner Ansicht hinreichend extrahirten Lebersubstanz durch Behandlung mit Chlornatriumlösung einen Zucker bildenden Körper in Lösung, so dass ich schon glaubte, den in Frage stehenden gefunden zu haben, als ich darauf aufmerksam wurde, wie äusserst schwierig die letzten Reste des Glycogens zu entfernen sind.

Nachdem die zu einem Brei zerriebene Lebermasse circa eine Stunde lang mit einer grossen Quantität Wasser ausgekocht war, konnte ich dennoch, wenn ich die ausgepresste Lebermasse nur hinreichend lange, etwa 24—28 Stunden mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur digerirte, Glycogen extrahiren. Erst wenn der Auszug vollkommen war, den ich ausserdem noch auf etwaigen Zuckergehalt prüfte, hielt ich mich für sicher alles Glycogen entfernt zu haben. Dann aber fand ich, dass der restirende Theil eben nur durch Speichelzusatz, welcher vor seiner Anwendung ebenfalls auf etwaigen Zuckergehalt geprüft war, Zucker bildete, nicht aber durch Einwirkung von Säuren.

Diesen Befund habe ich bei den Lebern vom Hund, Lamm, Kaninchen, Meerschwein und Frosch constatiren können; in bei weitem den meisten Fällen diente mir die Kaninchenleber zur Untersuchung.

Hervorheben muss ich hier, dass sich dies Verhalten nur auf solche Lebern bezieht, die Glycogen enthielten, Glycogen-freie, wie unter andern auch die von Hunden, die vorher zu physiologischen Operationen verwandt worden waren, zeigten keine Spur des fraglichen Körpers, woraus hervorgehen würde, dass derselbe unter ähnlichen Verhältnissen wie das Glycogen leichter in Zucker übergehe.

Nachdem nun soweit das Vorkommen eines in Wasser unlöslichen Zucker bildenden Körpers in der Leber constatirt war, musste die Darstellung desselben gefordert werden.

Um dazu zu gelangen wandte ich die verschiedensten Lösungsmittel auf die Glycogen-freie Lebersubstanz an. Dieselbe wurde mit Alkohol, Aether, verdünnter Essigsäure, kohlensaurem Kali kalt und warm behandelt; stets aber zeigte der Rückstand die Zucker bildende Kraft, während die Prüfung des Lösungsrückstandes ein negatives Resultat ergab. Es wurde die Zuckerprobe stets erst dann angewendet, nachdem der Rückstand hinreichend ausgewaschen, die Lösung vollkommen neutralisirt worden war, da saure und alkalische Reaction, wenn sie irgendwie erheblich sind, störend auf die Fermentwirkung des Speichels einwirken. Ferner wurde die Glycogen-freie Lebersubstanz der Einwirkung des Eisessigs ausgesetzt; sie quillt dabei sehr stark und es ist schwer die saure Reaction ganz wieder zu entfernen, doch glaube ich nach meinen Versuchen behaupten zu müssen, dass der fragliche Körper zerstört war, wenigstens gelang es mir weder im Rückstand noch in der Lösung eine Zuckerbildung hervorzurufen. Ein gleiches Resultat erhielt ich bei der Einwirkung von Aetz-Natron, Baryt und Ammoniak.

Zerstörend wirkten ferner noch:

Concentrirte Salpetersäure. Bei der Einwirkung derselben

auf die Lebersubstanz trat eine heftige Gasentwickelung unter starker Erhitzung auf, als deren Producte ich einerseits Kohlensäure, Untersalpetersäure und Ameisensäure nachweisen konnte, während der Rest in Lösung überging und eine gelbe Flüssigkeit bildete, die natürlich im ausgesprochendsten Maasse die Xanthoproteinsäure-Reaction gab.

Die Fäulniss und die Verdauung, letztere sehr bald nach Einleitung des Processes. In der Voraussetzung, dass der fragliche Körper vielleicht ein unlösliches Kohlenhydrat, ein etwa der Cellulose ähnlicher Körper sei, extrahirte ich die Lebersubstanz mit Kupferoxyd-Ammoniak.

Nach dem Zufügen von Chlorwasserstoff zu der Lösung schied sich in geringer Menge ein Körper aus, der mit Speichel versetzt keinen Zucker bildete, sich aber durch Einwirkung von Salpetersäure als Eiweiss zu erkennen gab. Ob im Rückstand der Zucker bildende Körper vorhanden bleibt ist schwer nachzuweisen, da sich die Lebermasse vollkommen mit dem Kupferoxyd-Ammonisk imprägnirt; vermuthlich wird derselbe auch hier schon durch das Ammoniak, wenngleich dasselbe hier nicht in der concentrirten Form einwirkte, zerstört. Schliesslich wurde die Lebersubstanz im Papinianischem Topfe gekocht, um zu erforschen, ob etwa der fragliche Körper bei höherer Temperatur in Lösung übergehe. Bei 130—140° C. wurde die Glycogen-freie Lebersubstanz $^1/_2$ Stunde lang gekocht und es zeigte sich jetzt im Wasserextract ein leicht zu constatirender Zuckergehalt, während die restirende Lebersubstanz auch noch das Vermögen besass durch Einwirkung von Speichel Zucker zu bilden.

Alle die oben angegebenen Versuche, den im Wasser unlöslichen Zucker bildenden Körper zu gewinnen, hatten mithin zu keinem Resultate geführt nur war durch sie zum Theil wenigstens ein weiterer Beweis für die wirkliche Existenz des Körpers gegeben.

Wir hatten oben gesehen, dass Aetzalkalien zerstörend auf denselben einwirken und ferner, dass er durch Kupferoxyd-Ammoniak nicht in Lösung überging; es sind dies zwei Thatsachen, welche besagen, dass eine Verwechslung mit etwa zurückgehaltenem löslichem Glycogen nicht vorliegen kann. Denn wir wissen, dass Aetzalkalien nicht zerstörend auf das Glycogen (die Reindarstellung desselben beruht ja nach der von Bernard ursprünglich angegebenen Methode auf längerem Kochen mit Kali) einwirken und dass es vom Kupferoxyd-Ammoniak aufgenommen wird und daraus durch Salzsäure fällbar ist.

Weiter hatte sich durch die Versuchsreihe ergeben, dass der Körper kein Fett oder fettähnlicher sei, denn nach hinreichend erscheinender Aether-Alkohol-Extraction war die Zucker bildende Eigenschaft der Lebersubstanz verblieben, während auch dem entsprechend der Rückstand des ätherisch-alkoholischen Extractes diese Eigenschaft nicht besass.

Es erhellt aus Obigem, dass es nicht grade ermuthigend sein konnte weitere Versuche in obiger Richtung anzustellen. Ich wandte mich desshalb jetzt dahin, wirklich chemische Einwirkungen auf die Lebersubstanz einzuleiten und zwar Oxydationen, um möglicherweise Producte zu erhalten, aus denen rückwärts Schlüsse auf den fraglichen Körper zu ziehen wären.

Um eine Oxydation hervorzurufen erschien es am einfachsten, zu versuchen die Lebersubstanz einer Chloreinwirkung auszusetzen, namentlich da ich gesehen, dass die Salpetersäure eine zu energische Wirkung verursachte, als dass aus den auftretenden Zersetzungsproducten Schlüsse zu ziehen waren.

Es würde nun zu dem Ende die Leber wie früher vom Glycogen vollständig befreit und die restirende Masse mit Chlorwasser übergossen und öfter damit geschüttelt. Da zeigte sich nun sehr bald die interessante Erscheinung, dass unter gleichzeitigem Bleichen der grau-braunen Lebermasse bis zum Weisswerden die überstehende Flüssigkeit sich milchig weiss färbte und opalescirte. Die natürlich sogleich in mir aufsteigende Vermuthung es sei Glycogen gebildet worden, fand sich bestätigt; denn nach dem Concentriren der Flüssigkeit durch Verdampfen auf dem Wasserbade, wobei dieselbe die Opalescenz verlor, wurde durch genügenden Alkoholzusatz ein weisser, flockiger Niederschlag erhalten, welcher mit Jod die bekannte Glycogenreaction gab und sowohl mit Säuren gekocht als mit Speichel versetzt Zucker bildete. Es war demnach unzweifelhaft, dass ich Glycogen vor mir hatte.

Dasselbe Resultat erhielt ich durch directes Einleiten von Chlorgas auf in Wasser suspendirte Lebersubstanz.

Dieselbe Lebermasse, welche die Resultate gegeben, veränderte sich bei der Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure nicht, die überstehende Flüssigkeit blieb wasserklar; wodurch der Beweis geliefert sein dürfte, dass nicht etwa die bei der Einwirkung des Chlors sich bildende Salzsäure als Lösungsmittel auf eine etwa schwerer lösliche Modification des Glycogens gewirkt habe und damit gleichzeitig, dass letzteres wirklich Product der Oxydation sei.

Einen weiteren Beweis dafür liefert auch die Einwirkung von Wasserstoffhyperoxyd auf die Lebersubstanz, bei der ganz dasselbe Resultat wie bei der Chloreinwirkung erzielt wurde. Ich bereitete mir entweder Wasserstoffhyperoxyd durch Einleiten eines raschen Kohlensäurestroms in Wasser von 0° vertheiltes Baryumhyperoxyd und übergoss dann die Lebersubstanz mit der von kohlensaurem Baryt abgegossenen klaren Wasserstoffhyperoxyd-Lösung, oder ich vermischte die Lebersubstanz mit Baryumhyperoxyd und fügte alsdann verdünnte Salzsäure hinzu. In beiden Fällen erhielt ich dasselbe Resultat. Hier wie bei der Chloreinwirkung wurde die Bildung des Glycogens durch längere Einwirkung begünstigt, durch Erwärmen der Masse nicht, doch konnte ich stets nach mehrmaliger Wiederholung des Processes die Glycogenbildung erschöpfen. Die Menge des gebildeten Glycogens war eine wechselnde bei den verschiedenen Lebern; da es mir vorerst um wirkliche Constatirung des Vorliegenden ankam, habe ich es bis jetzt unterlassen quantitative Bestimmungen zu machen. Erwähnen will ich hier auch noch, dass nach Aufhören der Glycogenbildung der gebliebene Rückstand bei der Einwirkung von Speichel keine Zucker bildende Kraft mehr zeigte.

Die Glycogenbildung durch Oxydation des unlöslichen Leberrestes habe ich an grösserer Zahl von Lebern (10—15), welche von Kaninchen und Meerschweinchen entnommen waren, constatiren können.

Die Bildung wurde nicht dadurch aufgehoben, dass ich die Fette der Lebermasse entfernte und ebenso machte ich entsprechend den oben ange-

gebenen Versuchen in Bezug auf die Speichelwirkung die Erfahrung, dass die Leber vorher nicht gefütterter Thiere, wie die von Hunden, welche durch Operationen gelitten hatten und kein Glycogen enthielten, auch durch Oxydation keins bildeten.

In besonders reichlicher Menge bildete es sich aus Lebern von solchen Thieren, die vorher gut gefüttert waren und aus denen dennoch durch einfaches Auskochen keins oder doch nur Spuren von Glycogen zu extrahiren waren.

Noch augenblicklich liegt mir ein solcher Fall von den Lebern 3er Meerschweinchen vor, welche um ein wirksames Pankreasinfus zu erhalten gut gefüttert waren, augenblicklich nach dem Nackenstich den Thieren entnommen wurden. Das Wasserextract blieb nach mehrfachem Auskochen klar, während die restirende Lebersubstanz durch Einwirkung von Chlor eine stark milchige Flüssigkeit lieferte. Warum selbst nach guter Fütterung das Glycogen in den Lebern fehlt ist bis jetzt nicht zu verstehen; das Verhalten gegen oxydirende Körper spricht dafür, dass das Glycogen in der Leber erst stufenweise entstehe und unter bestimmten nicht bekannten Verhältnissen zuweilen mehr zuweilen weniger ausgebildet in der Leber vorkomme.

Erwähnen will ich auch hier noch wieder, dass auch bei dieser zweiten Reihe von Lebern diejenigen, welche lösliches Glycogen enthielten, ebenfalls schwer vollständig davon zu befreien waren.

Im Anschluss an die eben ausgesprochene Ansicht dürfte die Vermuthung nicht ganz unberechtigt erscheinen, dass sich in der aus dem Organismus entfernten Leber noch Glycogen erzeuge. —

Es erübrigte jetzt noch zu erforschen, welche andren Producte sich bei der Oxydation gebildet hatten. Zu dem Ende wurde nun in der Voraussetzung, dass das Product in Lösung übergegangen sei, die vom Glycogen-Niederschlag abfiltrirte alkoholisch-wässrige Flüssigkeit, welche von der bei der Einwirkung des Chlors gebildeten Salzsäure sauer reagirte, auf dem Wasserbade eingedampft.

Nach hinreichender Concentration schied sich nach dem Stehen über Schwefelsäure eine crystallinische Masse (dendritische Formen) ab. Dieselbe verkohlte unter Aufblähen beim Erhitzen auf dem Platinblech [1]); beim Verbrennen mit Natron-Kalk entwich Ammoniak, dieselbe war mithin Stickstoffhaltig, — sie war unlöslich in absolutem Alkohol, leicht löslich in Wasser.

Um den Körper einer eingehendern Prüfung, namentlich auch der Elementaranalyse zu unterwerfen, die hier wohl allein zu Resultaten führen könnte, war die Menge desselben zu gering. Um eine hinreichende Quantität gewinnen zu können, wäre ein grosses Material erforderlich, welches mir augenblicklich nicht zu Gebote steht.

Fragen wir nun, welches sind die Resultate, die wir aus Obigem zu ziehen berechtigt sind, so dürfte sich einmal ergeben 1. dass ein in

---

1) Als Rückstand zeigten sich ferner Spuren eines anorganischen Körpers, vermuthlich durch die gebildete HCl in Lösung übergegangene anorganische Bestandtheile der Leber.

Wasser unlöslicher und überall schwer löslicher Körper in der Leber existirt, welcher durch Fermentwirkung im Stande ist Zucker zu bilden.

Durch die Einwirkung oxydirender Körper auf die Lebersubstanz und das dadurch bedingte Auftreten des Glycogens scheint es ferner 2. erwiesen, dass sich eine amylogene Substanz in der Leber vorfindet.

Dieses auf 1. bezogen könnte man vielleicht berechtigt sein so zu deuten, dass durch die Fermentwirkung die Mittelstufe zwischen amylogener Substanz und Zucker das Glycogen nicht in die Erscheinung trete.

Wir müssten dabei allerdings dem Speichelsecrete neben der eigentlichen Fermentwirkung der Zuckerbildung noch eine rein chemische Thätigkeit zuerkennen, welche aber a priori auch nicht zu leugnen sein dürfte, namentlich da wir ein Analogon dafür bereits im Secrete der Pankreasdrüse haben. Aus Oben Angegebenem erhellt übrigens auch, dass die künstliche Bildung des Glycogens keine so sehr eingreifende chemische Processe verlangt.

Fragen wir uns weiter, welcher Natur dieser amylogene Körper sei, so dürfte weiter zu schliessen sein derselbe sei ein stickstoffhaltiger, ein Eiweiss oder wenigstens dem nahestehender Körper.

Dafür spricht einmal der Stickstoffgehalt der auftretenden Zersetzungsproducte und ferner die vorhergegangene Entfernung aller andern Körper aus der Leber, wenigstens insoweit als uns überall die Leberbestandtheile bekannt sind.

Das Glycogen und die Extractivstoffe waren durch Wasserextraction, die Fette oder fettähnlichen Körper durch Aether und Alkohol entfernt; es blieben nur Eiweisskörper, vielleicht etwas Collagen, doch dürfte das letztere oder ein dem ähnlicher Körper, etwa Chondrin, auch auszuschliessen sein da Chlor dasselbe niederschlägt und überdies zu erwarten steht, dass beim Kochen bei 120° C., nach welchem sich die Chloreinwirkung unverändert zeigte, dasselbe auch in die Lösung übergegangen sei.

Wie schon erwähnt konnte man daran denken eine unlösliche Modification des Glycogen vor sich zu haben, etwa im Verhältniss der Nägeli'schen Cellulose zur Granulose, namentlich da von Schiff[1]) behauptet worden ist, dass das Glycogen in den Leberzellen in Form kleiner Körnchen[2]) abgelagert sei und dem Inulin verwandt wäre. Dagegen spricht aber die Unlöslichkeit des Körpers, denn die vollständig unlöslichen Modificationen der Cellulose (Para-cellulose etc.) im thierischen Organismus anzunehmen ist doch wohl nicht thunlich, sowie ferner der negative Erfolg in Betreff der Zuckerbildung bei Behandlung mit Säuren.

Es bleiben also nur die Eiweisskörper als Factoren für die Glycogenbildung.

---

1) U. A. Comptes rend. 1859, p. 880.

2) Mir ist es nicht gelungen solche Körner nachzuweisen. An von Glycogen weissgefärbten Lebern des Rana esculenta konnte ich an frischen (gefrornen) und erhärteten (durch Alkohol) Querschnitten bei 960maliger Vergrösserung (Hartnack, System. Immersion 9) nach Zufügen von Jod nur eine gleichmässige Bräunung des Leberzelleninhalts gewahr werden.

Damit wäre auf chemischem Wege eine beträchtliche Stütze für die Ansicht gewonnen, dass das Glycogen im lebenden Organismus aus Eiweisskörpern entstehe, eine Ansicht, die durch das physiologische Experiment bereits seit Claude Bernard's Untersuchungen auf diesen Punkt hin vollkommen berechtigt erscheinen musste und die durch andre Anschauungen wie die, dass das Glycogen nur in der Leber abgelagertes Dextrin sei (Sanson), oder aus Fett und Glycerin entstehe (van Deen), sowie endlich die namentlich neuerdings geltend gemachte, das Glycogen entstehe aus dem Organismus zugeführten Kohlenhydraten (Pavy, M'Donnels, Tscherinoff), nicht hat erschüttert werden können.

Namentlich hat jüngst Meissner [1]) darauf hingewiesen, dass die Resultate, welche die letztgenannten Autoren bei der Fütterung von Kohlenhydraten erhielten, nicht ohne weiteres zu der Schlussfolgerung führten das Glycogen entstehe aus Kohlenhydraten; man könne ebenso gut annehmen, dass dieselben eine Ersparung respective Anhäufung des Leberamylums bedingten.

Es ist dies eine Anschauung, welche auch Panum [2]) vertritt, welcher Forscher ausserdem mit Recht sagt, dass nur die Bildung des Glycogens aus Eiweissstoffen als bewiesen zu betrachten sei, da dieselbe auch bei ausschliesslicher Fütterung mit diesen Stoffen auftrete.

Meissner sucht l. c. in geistreicher Weise die Anschauung durchzuführen, dass der Harnstoff resp. die Harnsäure aus eiweissartiger Substanz, Haematoglobulin, entstehe und zwar in der Leber unter gleichzeitiger Bildung des Leberamylum. Er führt an, dass auch schon Heinsius den Gedanken ausgesprochen, es möchte bei der Bildung des Leberamylum aus Eiweissstoffen zugleich Harnstoff oder Mutterstoffe derselben entstehen. Ich sehe, dass etwas dem Aehnliches schon von Frerichs [3]) angedeutet ist. Frerichs sagt: „Harnstoff und Zucker, welche beide in der Leber zusammentreffen, enthalten die Elemente von Leimzucker." Es war daher natürlich, dass ich meine Aufmerksamkeit auch in dieser Beziehung auf das bei der Chloreinwirkung entstehende Zersetzungsproduct richtete. Wie schon oben angegeben war die erhaltene Menge zu gering, um eingehendere Prüfungen anzustellen, dass aber die Substanz Harnstoff sei, dagegen sprach schon die Unlöslichkeit in Alkohol (gegen Harnsäure die Leichtlöslichkeit in Wasser), auch verwandte Körper wie Xanthin, Hypoxanthin schienen nicht vorzuliegen, wenigstens konnte ich die bekannte Reaction (Rothfärbung) dieser Körper, welche durch Behandlung mit Salpetersäure und Aetzkali eintritt, nicht erhalten. Dieses Alles würde jedoch nicht ausschliessen, dass dennoch eine Vorstufe des Harnstoffs sich bilde; weitere Untersuchungen haben darüber zu entscheiden. Meissner hat versucht l. c. künstlich aus Haematoglobulin Harnstoff zu erzeugen, es ist ihm das nicht geglückt. Ich versuchte durch Chloreinwirkung auf Blut, namentlich auch auf Leberblut Glycogen

---

1) Meissner: Beiträge zur Kenntniss des Stoffwechsels im thierischen Organismus. Zeitschrift für rationelle Medicin 1868, pag. 272 u. f.

2) Panum: On Glykogenets forekomst etc. Ugeskrift for Leeger 3 die Rokk. 1. Bind, pag. 22.

3) Wagner: Handwörterbuch d. Physiologie, Artikel Verdauung. Bd. 3. 1. pag. 831.

zu erzeugen, auch dies gelang mir nicht; doch sind meine Versuche bis jetzt nicht so eingehender Natur gewesen als dass es mir zustände, darüber ein endgültiges Urtheil zu fällen.

Es erscheint aber auch wahrscheinlich, dass erst in der Leber selbst, in der nach Lehmann's bekannten Untersuchungen ein beträchtlicher Theil des Bluteiweisses verbraucht wird, aus dem Blute ein Körper gebildet werde, aus dem wieder Glycogen und vielleicht Harnstoff entstehe; für diese Anschauung spricht wenigstens der positive Befund der Glycogenbildung aus der Lebersubstanz durch Einwirkung oxydirender Substanzen.

Wenn ich jetzt schon das Obige, unfertig wie es ist, der Oeffentlichkeit übergebe, so hat dies seinen Grund darin, dass ich nicht gut einsehe, auf welche Weise der durchaus nothwendigen Forderung der Darstellung des Glycogens bildenden Körpers Genüge geleistet werden kann, ferner aber in der Hoffnung, dass vielleicht Andre glücklicher darin sein werden wie ich.

Was die übrigen Forderungen, die nähere Kenntniss der auftretenden Nebenproducte, sowie etwaige quantitative Bestimmungen des künstlich erzeugten Glycogens betrifft, so hoffe ich dieselben nachholen zu können, sowie mir genügendes Material zu Gebote stehen wird.

Nachträgliche Bemerkungen über die Structur der quergestreiften Muskeln

von

V. Hensen.

Da die Abdrücke meiner ersten Arbeit über die Muskeln sehr zeitig versandt wurden, fand ich Gelegenheit hier noch einige gegen meine Angaben erhobene Bedenken zu besprechen.

Dr. C. S. Heppner [1]) hat in dem Laboratorium von Prof. Stricker den Gegenstand bearbeitet und kommt zu dem Resultat, dass ich (und Krause) mit der Mittelscheibe nur die Zwischensubstanz aufs neue entdeckt haben, dass dagegen die Substanz, welche dieselbe auf beiden Seiten begrenze, durch optische Täuschung vorgespiegelt werde; er leugnet also nicht die Mittelscheibe, sondern dass was bei Wirbelthieren die Querscheibe ausmacht, bei den Insectenfibrillen als helles und glänzendes Band erscheint. Er fügt hinzu, durch diese Arbeiten sei unsere Kenntniss bereichert, denn sie hätten gelehrt, dass mehr zu sehen sei als das bekannte Schema vertrage. Ich möchte wünschen, dass Herr Heppner weniger mild in seinen Anforderungen an Andere sei, damit er gegen sich selbst ähnlich verfahre.

Bemerkenswerth ist schon der Eingang; die „Darstellung bezieht sich ausschliesslich auf die lebende Muskelfaser von Hydrophilus piceus," denn andere Thiere, deren Muskelfasern untersucht wurden, lehren für diesen Zweck nicht mehr!

Also während ich von den Wirbelthieren ausgehend die Insectenmuskeln nur zur Vergleichung herbeizog und wesentliche Unterschiede gegen die ersteren auffand, während ich mich vorzüglich an die Fibrillen der Thoraxmuskeln hielt und den mir schwer zugänglichen Hydrophilus gar nicht erwähnt habe, bespricht er ausschliesslich dieses Thier, dessen Muskeln wie es scheint eine besonders weit gehende Veränderlichkeit zeigen! Ich halte dies für sehr verkehrt; wer nachuntersuchen will, sollte billigerweise sich bescheiden zunächst dem Wege zu folgen, den die Voruntersuchung einschlug; thut er das nicht so stiftet er Verwirrung, wenn er auch wie Herr Heppner Andere darum beschuldigt.

---

1) Ueber ein eigenthümliches optisches Verhalten der quergestreiften Muskelfaser. Schultze's Archiv 1869.

Am besten bei Lampenlicht und schräger Spiegelstellung (45°), aber auch bei Aenderung der Einstellung oder (was ziemlich dasselbe ist) bei Vergleichung der verschiedenen Localitäten eines Muskels der durch das ganze Gesichtsfeld läuft, sieht H. die Mittelscheibe in sehr verschiedener Weise, bald am einen bald am andern Rande des hellen Bandes liegen, bald auch letzteres ganz verschwindend. Welches dieser Bilder, fragt er, hat eine morphologische Grundlage?

Ich denke alle seine Bilder haben eine morphologische Grundlage und sind aus dieser unschwer zu erklären; die Frage ist wo die sogenannten Schatten nicht verschoben sind, wo sie nichts verdecken oder vortäuschen, so wie bei welcher Einstellung man die Structurverhältnisse im gegebenen Fall am besten erkennt. Das glänzende Band lässt sich eben, wie wir sehen werden, nicht als Lichtstreif erklären, aber dass dasselbe durch schräge Beleuchtung und verkehrte Einstellung verschoben werden und zum Verschwinden gebracht werden kann, bedarf keiner Auseinandersetzung.

H. findet die körnige Mittelscheibe stets relativ dunkel, dass ich sie unter Umständen hell sehe, hindert ihn nicht, er schweigt darüber. Ich habe mit Noth herausgebracht, dass die Mittelscheibe einfach brechend ist. Herr H. untersucht ihre Färbung durch Glimmerblättchen, mir erwies sich an Wirbelthiermuskeln, mit denen ich hauptsächlich arbeitete, ein solcher Versuch wegen zu grosser Feinheit des Objects total hoffnungslos.

Endlich stellt Herr Heppner folgenden Satz auf: Wenn Jemand mit der Behauptung aufträte, diese glänzenden Bänder (beiderseits der Mittelscheibe) seien lediglich der Ausdruck totaler Reflexion, sie schwinden, wenn die Incidenz des Lichtes diese ausschliesst und sie kommen wieder und nehmen an Breite zu, mit der Zunahme des Einfallswinkels (sic!), so könnte man ihn nicht stichhaltig widerlegen. Hierzu entwirft er eine Zeichnung über totale Reflexion, ohne jegliche Berücksichtigung der von mir über die Lichtbrechung im Muskel gegebenen, ohne Berücksichtigung der Frage, wie gross die Stärke des Lichtbrechungsvermögens in den verschiedenen Substanzen des Muskels angenommen werden könne, ohne Berücksichtigung dessen, dass man um die innere Structur des Muskels zu erforschen nicht auf die Oberfläche einstellen darf und daher die Strahlen rückwärts verlängern muss.

Dass unter diesen Umständen der Ort der grössten Helligkeit anders liegt wie er sich vorstellt, ergiebt meine Fig. 12 zur Genüge, aber wie gesagt, er beachtet dies gar nicht, bemüht sich aber statt dessen nachzuweisen, dass das Bild auf Brechungsdifferenzen beruhe, als wenn dies noch Jemand bezweifeln könnte.

Wahr ist nun freilich sein Ausspruch, dass Niemand ihn stichhaltig widerlegen könne insofern, als den Gang der Lichtstrahlen und die Vertheilung der Lichtintensität in einer ganzen Muskelfaser theoretisch abzuleiten, wenn sie von zerstreutem Licht durchsetzt wird, schwerlich möglich ist, deshalb muss man sich eben an die Fibrillen halten.

Wenn man, wie ich das gethan habe, viereckige Glasleisten nach Art der Querstreifen in Flüssigkeit gelegt mikroskopirt, bekommt man nur bei bestimmten Einstellungen gute und aus der Lichtbrechung leicht erklärbare

Bilder, auch zwei helle Bänder, aber freilich viel schmaler und ganz anders sich verhaltend als das Herr Heppner erwarten muss.

Im Uebrigen irrt sich Herr Heppner, denn:

1) Nach seiner Erklärung müsste nothwendig das helle Band sich allmählich in der dunklern Substanz verlieren, grade an Fibrillen ist hier aber die Grenze scharf und schwarz und wenn er selbst auch die Grenze nur schwach markirt gezeichnet hat, wie sie sich in der That präsentiren kann, so hat er das erstere Verhalten doch ausdrücklich anerkennen müssen.

2) Wenn das ganze Gebilde einfach durch totale Reflexion hervorgerufen wäre, müsste es bei der Contraction unverändert breit bleiben oder sogar, da die Faser dicker wird, breiter werden; wie ist es zu erklären, dass grade das Gegentheil der Fall ist, nimmt etwa der Brechungsindex ab? Herr Heppner hat auch hier unterlassen meiner Untersuchung zu folgen, er spricht einfach gar nicht vom Contractionszustand!

Endlich bitte ich den Leser auf meiner Taf. I die Fig. 1 und 2 anzusehen; die sehr feine Mittelscheibe ist nach H. einzige Zwischensubstanz, die Querscheibe in der sie liegt soll nach H. nicht dunkel, sondern hell sein und in ihrer ganzen Breite lediglich ein Lichtreflex, in Wahrheit aber dasselbe, was die von mir hell dargestellte Zwischensubstanz, welche nach Heppner dunkel zu sehen sein würde, sein! Wer das glauben will dem kann ich nicht helfen.

Ich habe an der Richtigkeit der factischen Angaben Heppner's keinen Zweifel gehegt, bin jedoch in der Lage, nach Beobachtung der Beinmuskeln von Dytisius (in Ermangelung von Hydrophilus) zu bestätigen, dass man unter Umständen ein solches Bild sehen kann wie er es zeichnet, nichts destoweniger halte ich seine Untersuchung für vollständig verfehlt. Ich kann aber keine erneute Durchforschung des Gegenstandes anstellen, am wenigsten auf solche Arbeit hin, bin aber ohne eine solche nicht im Stande mit Sicherheit an diesem so wechselnd gestalteten Object die Mittelscheibe zu demonstriren. In der That kann man hier zu der Meinung, die ich für verkehrt halte, kommen, dass die Disdiaklasten sich in beliebiger Weise zu Querscheiben aggregiren, wo dann jeder Streit über die Muskelstructur vorläufig müssig wäre.

Die Arbeit des Herrn Heppner lässt mich halb bereuen, überhaupt auf die Structur des Insecten- und Krebsmuskels eingegangen zu sein. Meine Anschauung hat hier gewisse Incongruenzen, die mir immer wieder anstössig sind, jedoch ich bin auf Grund objectiver Untersuchung dazu geführt und bin ebensowenig berechtigt die eigenen Resultate ohne erneute Untersuchung zu verneinen, wie die Resultate irgend einer fremden Arbeit.

Der Unterschied, welcher zwischen Krause's und meinen Angaben in Bezug auf die Wirbelthiermuskeln bestand, hat sich in Folge von dessen Abhandlung: „die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern“ dahin erledigt, dass nicht wie ich dies annahm, wir beide dieselbe Bildung im Auge hatten, sondern dass Krause eine Scheibe in der Zwischensubstanz beschreibt, ich eine andere in der anisotropen Substanz des Muskels. Ich hielt dies für so unwahrscheinlich, dass ich vorzog, dieser Möglichkeit keine Erwähnung zu thun.

Meine Annahme der Identität der von uns beschriebenen Bildungen gründete sich zum Theil auf die von mir in der Fig. 7 (leider nicht ganz exact) wiedergegebene Zeichnung und Beschreibung Krause's von der contrahirten Mittelfaser. Wenn Krause, der diese Figur in Fig. 5 s. W. wiedergiebt, die Querstreifen für Sarkolemarunzeln erklärt und durch diese zugleich eine innere Verschiebung des Muskelinhalts demonstriren will, so muss ich gestehen ausser Stande zu sein, sowohl mir die Möglichkeit des Zustandekommens von so geformten Sarkolemafalten an der runden Muskelfaser vorzustellen, als auch die zweite Möglichkeit, durch diese Falten etwas über die innere Verschiebung des Muskelinhalts zu erfahren, verstehen zu können.

Was Krause's Querlinien betrifft so stelle ich nicht das Vorhandensein einer besondern Bildung in der Zwischensubstanz in Abrede, da meine Taf. I. Fig. 2 etwas derartiges zeigt, jedoch grade für diese Bildung sind die Lichtbrechungsverhältnisse so störend, dass wenigstens ich damit nicht weiter kommen konnte. Auch jetzt kann ich mich nicht von der Richtigkeit von Krause's Darstellung überzeugen und halte die Einstellung des Muskels, wie Krause sie Fig. 2 rechts versinnbildlicht, für entschieden verkehrt und zwar zu hoch. Ich frage jeden Mikroskopiker, ob er den Muskel beim Mikroskopiren wohl je als eine solche schon im Holzschnitt dem Auge unerträglichen Linienmaasse einstellt? und ob er sich nicht sehr wohl am völlig normalen Muskel ein solches Bild verschaffen kann, wie Krause es als durch Essigsäure entstanden zeichnet?

Wenn Krause wiederholt die Geschichte meiner Entdeckung erzählt, allerdings unter dem Hinzufügen, dass er sich die Sache so denke, so erlaube ich mir zu bemerken, dass ich bereits S. 1 meiner Arbeit das Umgekehrte darüber berichtet habe. Meine Quelle scheint die bessere zu sein, doch bin ich gespannt, welche Variante schliesslich recht behalten wird.

Ein Einwand gegen die feste Beschaffenheit der Muskelsubstanz und speciell gegen die Isolirbarkeit ungeronnener Fibrillen ist von Kühne mir brieflich gemacht worden. Es ist nicht nöthig, auf seine mir freundlicher Weise gemachten Bemerkungen speciell einzugehen, auch habe ich mir dafür keine Erlaubniss erbeten, es genügt, die Resultate meiner erneuten Untersuchungen mitzutheilen.

Ich hatte gehofft direct die isolirten Fibrillen zur Contraction zu bringen, so unwahrscheinlich der Erfolg auch schien, jedoch dies gelang mir nicht. Jedoch in meinen Präparaten zeigten schon die isolirten Mittelfasern sobald sie nicht künstlich angespannt waren äusserst schwache und energielose Zuckungen bei Reizung durch den Inductionsstrom, da sie sich bei völliger Isolirung schon ohnehin stark verkürzen; die isolirten Fibrillen anzuspannen glückte mir nicht.

Dagegen kann ich aufs neue und allerbestimmteste versichern, dass es nicht Schleimfäden sondern Fibrillen, und zwar solche welche die Querstreifung zwar zart aber doch sehr deutlich zeigen, sind, welche ich aus der frischen Muskelfaser isolire, und dass diese Fibrillen im scharfen Gegensatz gegen jene aus der todtenstarren Muskelfaser, für alle Zusatzflüssigkeiten die äusserste Empfindlichkeit bewahrt haben.

Ich konnte mehrfach das Sarkolam von einer Muskelfaser, die mit beiden Enden noch in Muskelstücken festsass eine Strecke weit zurückstreifen;

liess ich diese Faser aufs Objectglas sinken so plattete sie sich ab und liess sich breit auseinander ziehen, wobei sie sich zerfaserte; spannte ich sie dann wieder an, so stellte sie eine bei 50facher Vergrösserung scheinbar unverletzte Muskelfaser dar.

Hinzufügen kann ich noch, dass ich Gelegenheit hatte den Myoryctes Weismanni in der lebenden Muskelfaser des Frosches sich bewegen zu sehen, es machte mir dabei der Inhalt den Eindruck einer sehr weichen gallertigen Masse aber durchaus nicht den einer Flüssigkeit; die Theile penduliren allerdings hin und her aber ähnlich wie dies die in weicher Leimgallerte suspendirten Partikeln thun, wenn man den Behälter erschüttert, nicht aber so wie die in einer wahren, schwer oder leicht beweglichen, Flüssigkeit suspendirten Körperchen.

3 gal 25

3 2044 081 506 669